

2006 年度卒業論文

水稲有機栽培における各種雑草防除法の 除草効果および水稲の生育・収量

宇都宮大学農学部 生物生産科学科
植物生産学コース
作物生産技術学研究室

佐藤 顕治

目次

I. 緒言	1
II. 材料と方法	
1. 栽培方法	3
2. 試験圃場および試験区	3
3. 調査項目および調査方法	5
III. 結果と考察	
1. 気象経過および生育概要	11
2. 土壌の酸化還元電位および地温	14
3. 病虫害発生状況	20
4. 雑草調査	23
5. 生育の経過	27
6. 葉面積指数および乾物重、窒素含有量	33
7. 節間長および収量、収量構成要素、玄米品質	39
8. コスト計算	42
9. 今後の検討課題	44
IV. 摘要	45
Summary	
V. 謝辞	48
VI. 引用文献	49

I. 緒言

近年、環境保全意識の高揚・有機農産物に対する消費者の需要の増加などから、化学肥料や農薬に依存せずに生態系を活用した農業技術の確立が望まれており、水稻栽培においても有機栽培や低農薬栽培への関心が高まっている。しかし、水稻の有機栽培を行うにあたって、もっとも重要な課題は除草剤に頼らない雑草防除法である。

現在、各農家や自治体では、乗用除草機や手押し除草機による機械除草、米ヌカなどの有機物資材の田面散布による除草（2003 前田ら）、アイガモや鯉、カブトエビなどを利用した生物除草（1998 磯辺ら, 1995 高橋ら, 1974 片山ら）、再生紙マルチ除草（2003 三谷ら）、活性炭スラリー除草（1996 芝山）などさまざまな除草法が試みられており、各除草法についての研究報告も数多くなされてきた。しかし、いずれも除草効果や労力、コスト面において課題が残されており、さらなる研究が必要とされている。また、各除草法は多くの場合いずれも個別条件下で行われており、同一条件下において数種の除草法を実施し比較したという事例も少ない。そのため各除草法の除草効果や水稻の生育・収量について客観性のある評価が下されにくいという現状がある。

そこで本研究では、各種の除草法を除草法以外の条件を可能な限り同じくしたうえで水稻の有機栽培を行い、その除草効果および水稻の生育・収量を比較した。実施した雑草除草法は、米ヌカやくず大豆、またそれらを混ぜ合わせたものを田面に施用して行う有機物散布除草、鯉による生物除草、再生紙マルチ除草、手押し除草機等による機械除草である。また、複数の除草法を組み合わせるにより除草効果を高めるために、有機物散布除草と機械除草を組み合わせた除草法を実施し、その除草効果も比較した。さらに雑草防除法を導

入する際には労働力などを含めたコスト計算も重要とされるため、その点においても比較をおこなった。

Ⅱ．材料と方法

1． 栽培方法

試験は真岡市下簗谷地区にある宇都宮大学付属農場内水田（黒ぼく土）において行った．品種は水稻品種コシヒカリを供試した．種子は比重 1.13 で塩水選を行い，風乾後，温湯消毒機「湯芽工房」を用いて 60℃で 10 分間温湯消毒し，5 日間浸種した後，温湯消毒機「湯芽工房」中で 30℃で 10 時間催芽処理を行った．催芽種子は，4 月 21 日に 60cm×30cm×3cm の田植機移植用育苗箱に乾籾換算で 80g/箱を播種した．育苗用の床土は，下層（山土 1.5 リットルと発酵鶏糞 200g を混合）と上層（山土）とにわけたものを使用した．播種の際，種子消毒・土壌消毒の殺菌剤は使用しなかった．育苗箱は，ハウス内で保温シートをかけて 4 日間育苗し，その後保温シートを外し，農場の慣行法で育苗した．代掻きは移植 1 週間前に荒代掻き，移植日前日に植え代掻きの計 2 回行った．5 月 25 日に六条乗用側条施肥田植機で 4.0 葉程度の中苗を 1 株当たり約 3 本として，栽植密度は㎡当たり 20.8 株（30cm×16cm）に設定して移植した．

2． 試験圃場および試験区

試験圃場は，10a 当たり 2t 堆肥を連年施用した圃場を使用した．本年は 3 月 6 日に完熟堆肥を 10a 当たり 2t，マニユアスプレッダーで全面散布した．

試験区の概要を第 1 表に示した．また，試験区の位置と面積を第 1 図に示した．試験区は雑草防除法の違いにより，米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区，くず大豆＋機械区，鯉区，紙マルチ区，機械除草区の 6 区を設定した．

面積は紙マルチ区は 15a, その他の区はそれぞれ 5a とした.

試験区には基肥として発酵鶏糞を 5 月 16 日に 10a 当たり 100kg (窒素量換算で 10a 当たり 2. 5kg) を手で散布し, その後鋤きこんだ. いずれの区も農薬, 化学肥料は使用しなかった. また, 追肥も行わなかった.

米ヌカ+機械区, 米ヌカ+くず大豆+機械区, くず大豆+機械区の各有機物散布+機械区には, それぞれ米ヌカ+機械区では米ヌカを 10a 当たり 100kg, 米ヌカ+くず大豆+機械区では 10a 当たり米ヌカと大豆くずを 50kg, 計 100kg, くず大豆区ではくず大豆を 10a 当たり 50kg, いずれも移植日当日の 5 月 25 日にミスト機で表面施用し, その後湛水した. さらに有機物散布に組み合わせて竹箒を利用して製作した簡易除草機と市販の手押し除草機を使用し, 7 月下旬に機械除草を行った. その際あらかじめ機械が入らない部分を 1 m²程度波板で囲いその内側は機械除草の影響を受けないようにした. この枠の内側をそれぞれ, 米ヌカ区, 米ヌカ+くず大豆区, くず大豆区とし, 有機物散布+機械区と比較して雑草調査に使用した. 枠は 1 試験区につき 3 反復設置した. また, 今回使用した米ヌカの肥料成分は窒素 2. 5%, 磷酸 3. 6%, 加里 1. 7% で, くず大豆の肥料成分は窒素 6. 8%, 磷酸 1. 8%, 加里 2. 6% であった.

鯉区では, 6 月 6 日に全長平均約 10. 5cm, 体重平均約 19. 5g の錦鯉 200 尾を投入した. その後鳥害により鯉が死亡したため, 6 月 22 日に全長平均約 9cm, 体重平均約 12g の錦鯉 30 尾を追加投入した. 鯉は 8 月 3 日に捕獲・回収し, 生存数を記録し, 全長と体重を計測した. 鯉区はその他の区よりもやや深水とし, 15cm 程度の水深を保った. また, 試験区の周囲部分の田面をスコップなどで掘り下げ水路を設け, 鯉の退避場所とし, さらに試験区全体 (側面, 上面) を防鳥ネットで囲い, 鳥害を防ぐようにした. 水尻は網と土で塞ぎ鯉が逃げないようにした. また, 鯉が水路周辺のみを移動することが予想されたため, 除草効

果の均一化を図る目的で試験区中央付近に配合飼料 200g および米ヌカ 1kg を 6 月 8 日から 6 月 16 日までは 1 日おきに、それ以降は週に 2 回程度の頻度で 1 日 1 回投げ与え、捕獲・回収日まで続けた。

紙マルチ区は、移植と同時に再生紙マルチを専用機械で被覆した。その他の区に使用したのとは異なる乗用田植機を用いたが、栽植密度は㎡当たり 20.8 株 (30cm×16cm) で同じく設定した。しかし一株当たりの苗数は約 4 本とやや多かった。

機械区では、竹箒を利用して作った簡易除草機や市販の手押し除草機を使用し、6 月上旬と 7 月下旬の計 2 回、人力による機械除草を株間、条間ともに行った。

3. 調査項目および調査方法

(1) 土壌の酸化還元電位と地温調査

土壌の酸化還元電位調査は、東亜電波工業社製のポータブル ORP 計シリーズ RM-12P を使用して、1 試験区当たり 2 反復で行った。生育調査区周辺の株間に深さ 1~2cm に白金電極を設置し、移植 6 時間後に測定し、その後 1 週間は 1 日 1 回測定し、6 月 1 日 (移植後 7 日目) から 7 月 27 日までは約 1 週間ごとに測定した。また、米ヌカ+機械区、米ヌカ+くず大豆+機械区、くず大豆区では 6 時間後から 48 時間後まで 6 時間ごとに測定を行った。さらにそれぞれ同時に地温も測定した。地温は、SK SATO 社製のデジタルサーモメーター SK-1250MC II を使用して調査区周辺の株間で、深さ 2~3cm で測定した。マルチ区では再生紙マルチの下の地温を測定した。

（２）雑草調査

雑草調査は 6 月 20 日と 8 月 1 日の計 2 回行った。1 調査地点の面積は 30cm × 30cm の 0. 09 m²とし、1 試験区当たり 3 反復で行った。ただし、8 月 1 日の紙マルチ区の調査のみ 30cm × 60cm の 0. 18 m²とした。また、6 月 20 日には紙マルチ区では雑草がまったく見受けられなかったので行わず、8 月 1 日には米ヌカ＋機械区、米ヌカ＋くず大豆＋機械区、くず大豆区に設けた枠の内側でも調査を行い、それぞれ米ヌカ区、米ヌカ＋くず大豆区、くず大豆として比較した。調査区内のすべての雑草を抜き取り、種類ごとに分けて本数を数えた。根に付着した泥やごみを洗い落とし、80℃で通風乾燥後、乾物重を測定した。雑草発生本数と雑草乾物重は 1 m²あたりに換算した。

（３）生育調査

生育調査は、各試験区で周囲を含めて欠株のない 10 株（5 株 2 畦）を 1 つの調査区として、1 試験区当たり 3 反復行い、草丈、茎数、葉数、葉色の 4 項目について調査した。草丈、茎数、葉数は 6 月 8 日から 8 月 29 日まで約 2 週間ごとに、葉色は 6 月 27 日から 9 月 14 日まで約 2 週間ごとに測定した。葉色の測定には、ミノルタ社製自動葉緑素計（SPAD502）を使用して最上位展開葉の前葉の中央部分を測定した。

（４）イネミズゾウムシ調査

イネミズゾウムシ調査は、1 試験区当たり 40 株、3 反復調査とした。6 月 6

日に発生しているイネミズゾウムシの 1 株当たりの個体数と食害程度を調査した。個体は地上部で確認されたものを記録し、食害程度はその生育時期の最上位展開葉に食害が見られたものを 3 として、その 1 つ下葉に食害が見られたものを 2 としさらにその 1 下葉に食害が見られたものを 1 として、0 から 3 まで 4 段階であらわした。

(5) 病害調査

病害調査は 1 試験区当たり 40 株、3 反復で行い、9 月 14 日に実施した。いもち病、紋枯れ病について調査し、葉いもちは最上位展開葉から 3 葉目まで 5mm 以上の病斑のある茎を数え、穂いもちは、穂首以上にあきらかな病斑があり、穂が 50%以上不稔になっている穂の数を数えた。紋枯れ病は最上位節間に病斑があれば 3 として、その下の節間にあれば 2 として、さらにその下の節間にあれば 1 として、病斑なしは 0 として 3 から 0 の 4 段階であらわした。

(6) 株の掘り取り調査

掘り取り調査は穂揃期に掘り取り、調査した。穂揃期は紙マルチ区では 8 月 17 日、米ヌカ+機械区、米ヌカ+くず大豆+機械区、くず大豆+機械区、機械除草区は 8 月 19 日、鯉区は 8 月 21 日だった。調査は、生育調査区の平均茎数を調べ、平均茎数を持つ株を各調査区の周辺から 2 株掘り取って行った。掘り取った株の根に付着したごみや泥を洗い落とし、葉面積を測定した後、穂、葉身、葉鞘+茎に分けて、80℃で乾燥させて重量を測定した。乾物試料は、1cm 程度に裁断した後、HEIKO 製粉碎機(SAMPLE MILL TI-100)で微粉碎し、

窒素含有率を測定した。測定には島津社製 NC アナライザー (NC-80) を使用した。

(7) 収量および収量構成要素

10月3日の収穫時に収量および収量構成要素の調査を3反復ずつ行った。収量調査は1試験区において1反復当たり10株×4列計40株を地際から刈り取り、穂数を数えて風乾して全重、精籾重、総玄米重、精玄米重、水分含量を測定した。精玄米重は、粒厚1.8mm以上で水分15%に換算した。水分含有率はケット科学研究所製の成分分析計 AN-700 を使用して測定し、同時に食味値と蛋白質含量も測定した。

収量構成要素は、収量調査から得た穂数のデータをもとに収量調査地点の周辺から各地点の平均的な穂数を持つ株を1反復当たり5株掘り取った。各株の平均的な穂4本を取り出し、1反復当たり20穂の籾数を数え、比重1.06の塩水選を行い、登熟籾と不登熟籾とに分別しそれぞれの粒数を測定してから登熟歩合を算出した。さらに各株から全長の長い順に3茎抜き出し、1反復当たり、15本の穂長と稈長、節間長を測定した。玄米千粒重は玄米20gを秤量し、その粒数から算出した。また収量調査の刈り取り時に倒伏程度を調査し、完全倒伏したものを5、倒伏なしのものを0として0から5までの6段階であらわした。

(8) コスト計算および労働力調査

各除草法をコスト面、労働力の面で比較するためにコスト計算および労働力調査を行った。各有機物散布+機械区では有機物散布および機械除草に要した

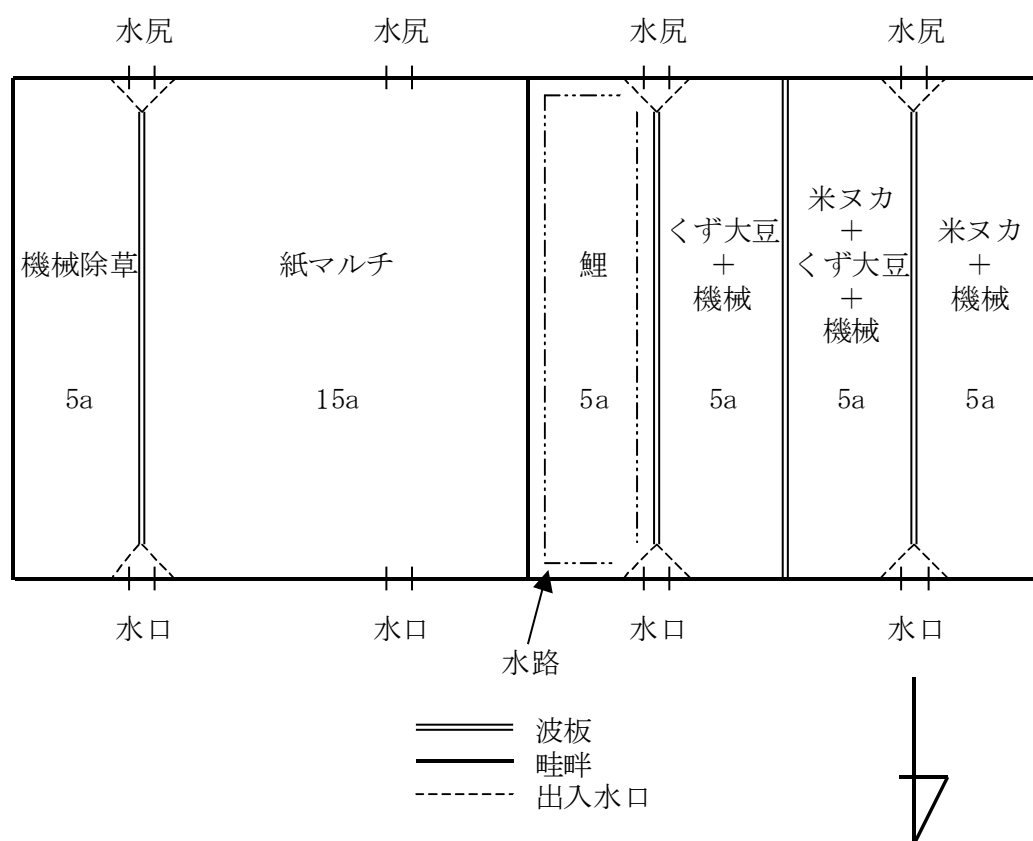
時間と人員数，有機物資材の購入費用を調査した．鯉区では鯉の放飼・回収および放飼設備の工事に要した時間と人員数，鯉および配合飼料の購入費用を調査した．紙マルチ区では再生紙マルチの購入費用および通常の移植よりも余分に要する時間と人員数を調査した．機械除草区では機械除草に要した時間と人員数を調査した．

（９）鯉調査

放飼開始前と放飼終了後の鯉の全長，体重および個体数を調査した．放飼開始日の６月６日に２００尾の鯉を目測で「特大（１５尾）」，「大（５５尾）」，「中（９５尾）」，「小（３５尾）」にわけ，「特大」および「大」からは各１０尾，「中」および「小」からは各２０尾無作為に選出しそれぞれの全長および体重を計測し平均値を求めた．また，６月２２日の追加放飼日には追加放飼した３０尾の鯉すべての全長および体重を計測し平均値を求め，６月６日の鯉調査の平均値とあわせて全体の平均値とした．さらに８月３日の放飼終了時に捕獲・回収した鯉の個体数を調べ，すべての個体の全長および体重を計測し平均値を求めた．

第1表 試験区の設定

試験区	面積	除草法
米ヌカ+機械区	5a	米ヌカ100kg/10a
米ヌカ+くず大豆+機械区	5a	米ヌカ50kg+くず大豆50kg
くず大豆+機械区	5a	くず大豆50kg
鯉区	5a	鯉230匹放飼
紙マルチ区	15a	再生紙マルチ被覆
機械除草区	5a	機械除草2回（6月上旬、7月下旬）



第1図 試験区の位置と面積

Ⅲ. 結果と考察

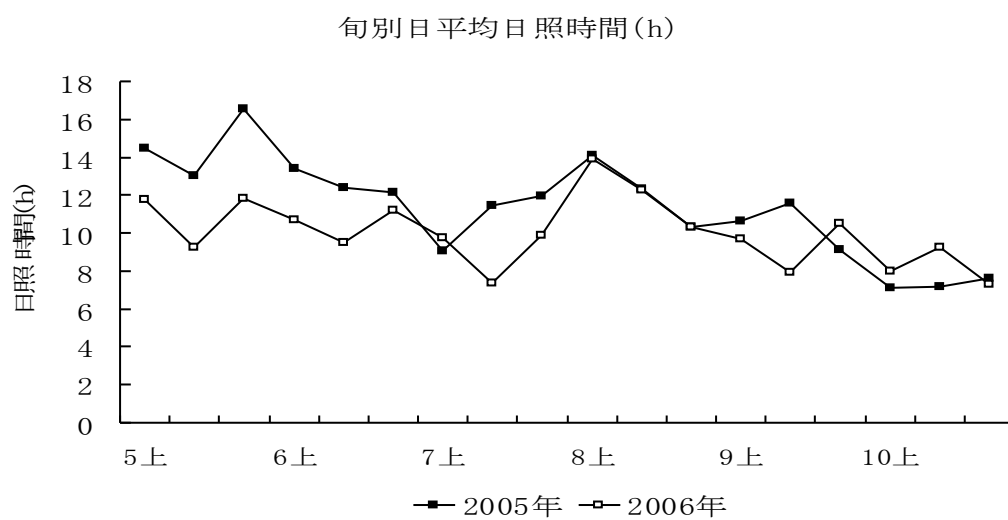
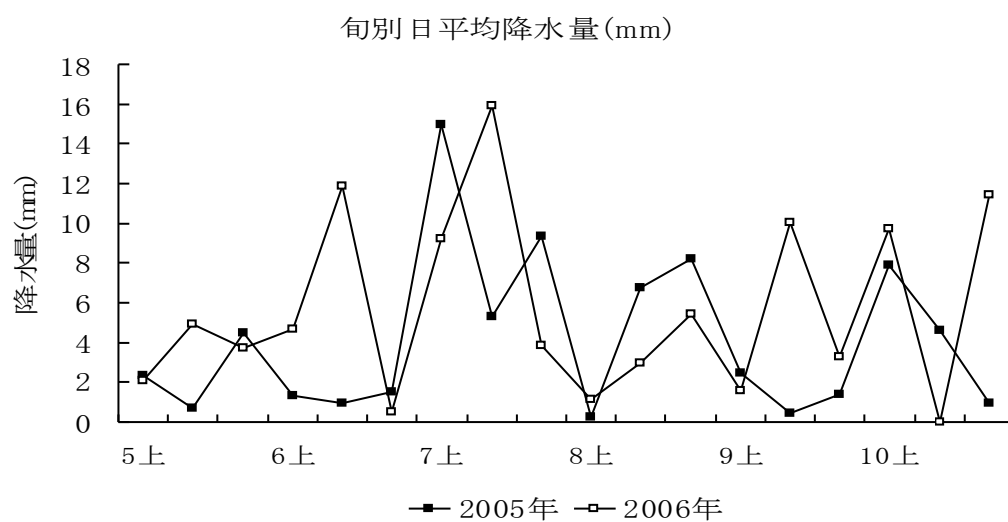
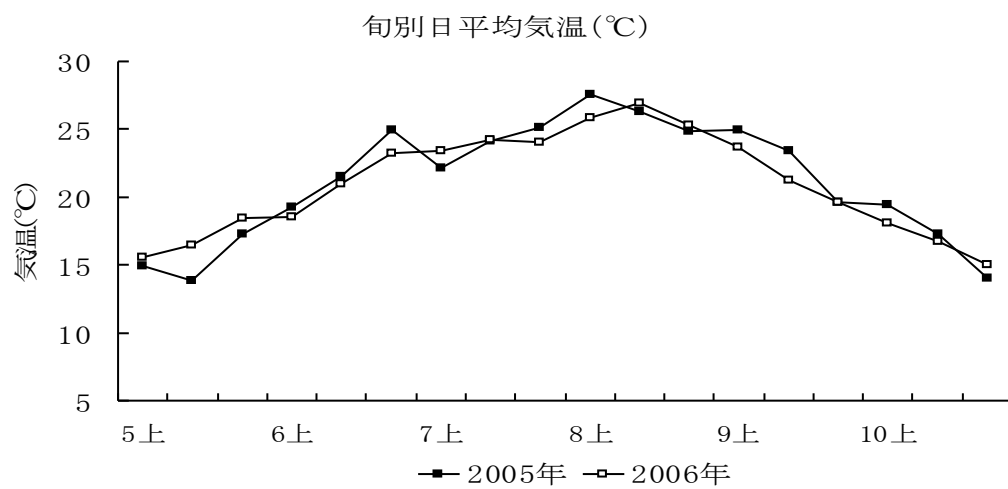
1. 気象経過および生育概要

(1)気象経過

本年および 2005 年の旬別日平均気温，降水量，日照時間を第 2 図に示した．
本年の平均気温は 6 月上旬から 6 月下旬，7 月下旬から 8 月上旬，9 月上旬から 10 月中旬において 2005 年より低かった．本年の平均降水量は 5 月中旬，6 月上中旬，7 月中旬，9 月中旬から 10 月上旬において 2005 年より多かった．本年の平均日照時間は 5 月上旬から 6 月下旬，7 月中下旬，9 月上中旬において 2005 年より少なかった．本年は 2005 年に比べて全体的に天候不良年であった．

(2)生育概要

生育状況を第 2 表に示した．最大草丈はくず大豆＋機械区，紙マルチ区で大きくなった．最大茎数，穂数は紙マルチ区，米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区で大きく，鯉区では小さくなった．有効茎歩合は最大茎数の小さいくず大豆＋機械区，鯉区，機械除草区で 97%，94%，87%程度と高くなった．全体的には紙マルチ区，米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区での生育が良かった．



第 2 図 旬別日平均気温，降水量，日照時間

第2表 生育状況

試験区	最大草丈 (cm)	最大茎数 (本/m ²)	穂数 (本/m ²)	有効茎歩合 (%)	穂揃期
米ヌカ＋機械	113	287	208	72.5	8月19日
米ヌカ＋くず大豆＋機械	112	331	211	63.7	8月19日
くず大豆＋機械	116	187	182	97.3	8月19日
鯉	108	131	123	93.9	8月21日
紙マルチ	115	403	279	69.2	8月17日
機械除草	108	186	162	87.1	8月19日

2. 土壌の酸化還元電位および地温

(1) 土壌の酸化還元電位の推移

移植後 48 時間の土壌の酸化還元電位の推移を第 3 図に示した. 米ヌカ+機械区は有機物散布後, 急激に酸化還元電位が低下し, 24 時間後に -170mV 程度まで低下した. 米ヌカ+くず大豆+機械区では 12 時間後に -50mV 程度に低下したが, その後 48 時間までそのまま推移した. くず大豆+機械区では 30 時間後に -150mV 程度まで徐々に低下した. 有機物散布+機械区以外の試験区では 6 時間後, 24 時間後, 48 時間後のみ計測を行ったが, 機械除草区, 紙マルチ区で 48 時間後に -150mV 程度まで酸化還元電位が低下した.

長期の酸化還元電位の推移を第 4 図に示した. 有機物散布+機械区の酸化還元電位は散布後 1 週間は低下する傾向を見せ, 21 日後の測定からは米ヌカ+機械区で -250mV 程度, 米ヌカ+くず大豆+機械区およびくず大豆+機械区で -100mV 程度になりその後も低く推移した. 有機物散布+機械区以外の区でも移植後 3 日目以降常に 0mV 以下で推移した.

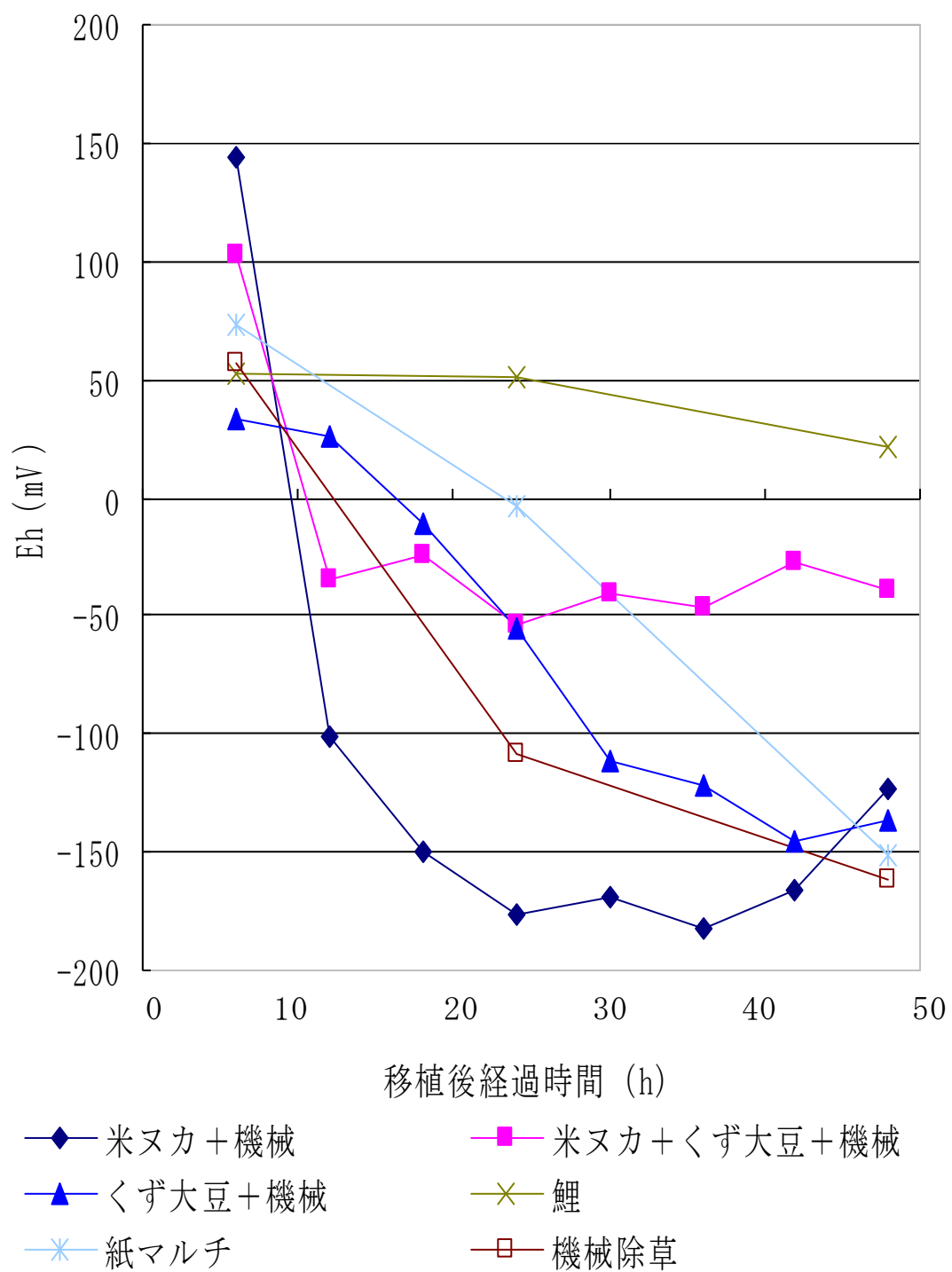
これらの結果から処理による明確な違いは見られなかった. 室井ら (2005) は米ヌカの田面散布により散布後 2 週間程度低下すると報告している. 本研究でもそのような傾向は見られたが, 有機物を散布した区以外の区でも同程度の低下が見られたため, 酸化還元電位の低下が有機物散布によるものと断定できなかった.

(2) 地温の推移

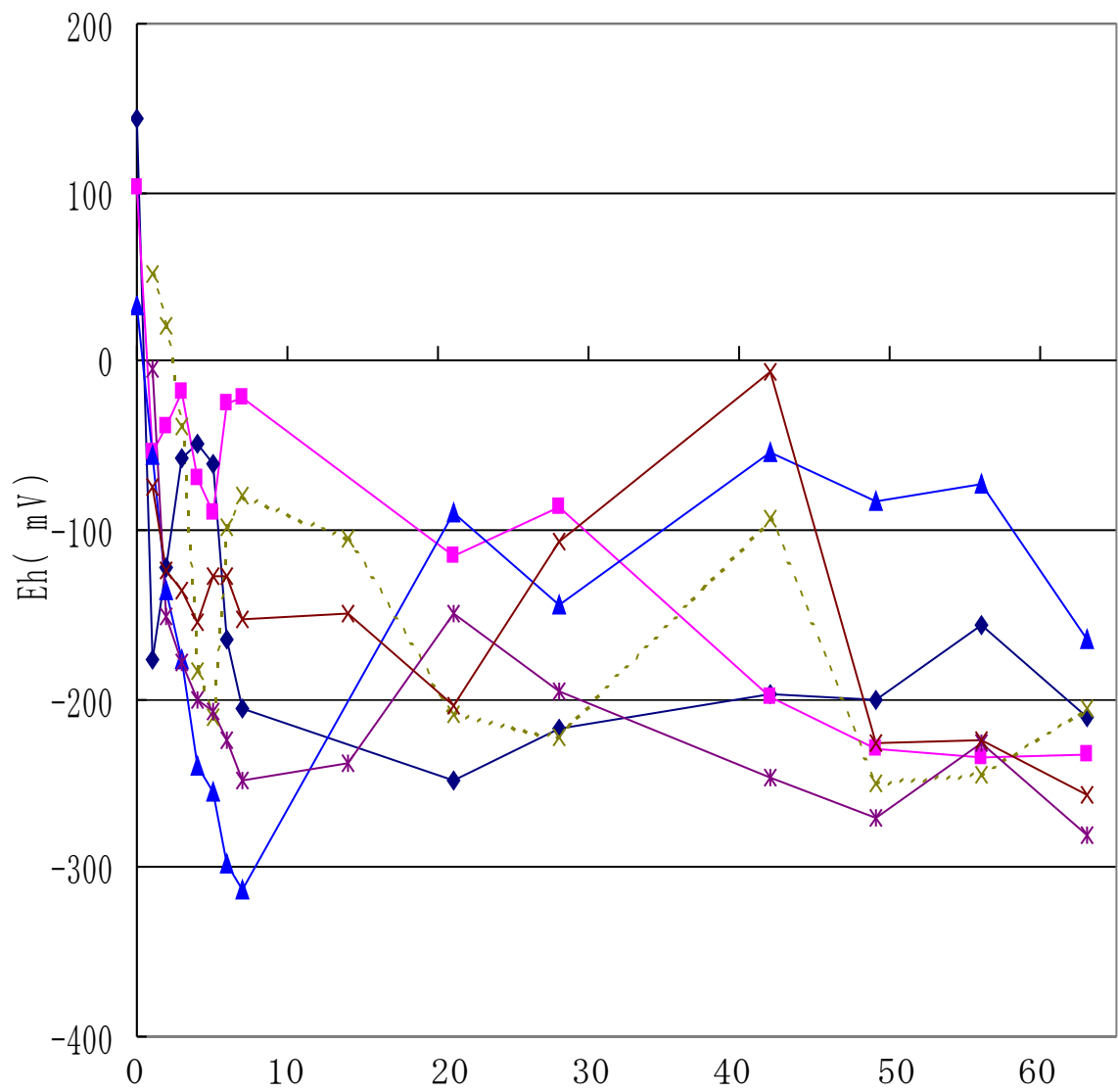
移植後 48 時間の地温の推移を第 5 図に示した. いずれの試験区も日中は地温が 20℃前後まで上昇し, 夜間は 17℃前後まで低下した. くず大豆+機械区で他の区に比べて 12 時間後の地温が低く, 18 時間後の地温が高かったが, その他の試験区間で特に大きな差異は見られなかった.

長期の地温の推移を第 6 図に示した. 移植後 42 日目に紙マルチ区の地温がやや高かったが, それ以外は長期においても特に大きな差異は見られなかった.

高橋 (1996) の報告によれば鯉を放飼するための深水処理が地温の低下をまねくとしているがそのような傾向は本研究では見られなかった. また, 再生紙マルチの田面被覆により太陽光がさえぎられることで地温低下を招いたり (1993 小林ら), 逆に夜間の保温性を高めたりするとされているがその傾向も見られなかった. さらに櫻井ら (2001) は黒色再生紙マルチを使用することにより無マルチに比べ日中の地温が 2℃~3℃上昇すると報告しているがそのような傾向も本研究では見られなかった.



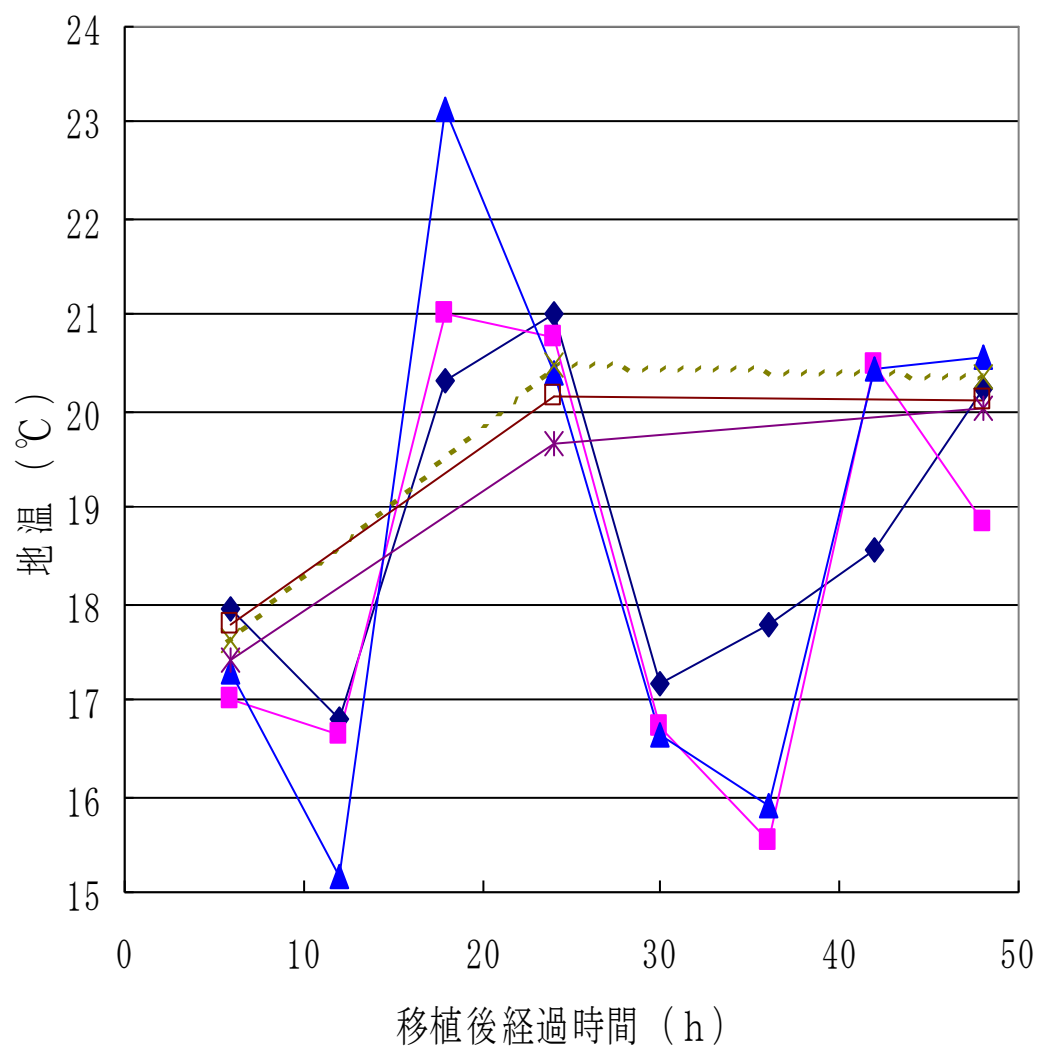
第3図 酸化還元電位の推移 (48時間)



移植後経過日数

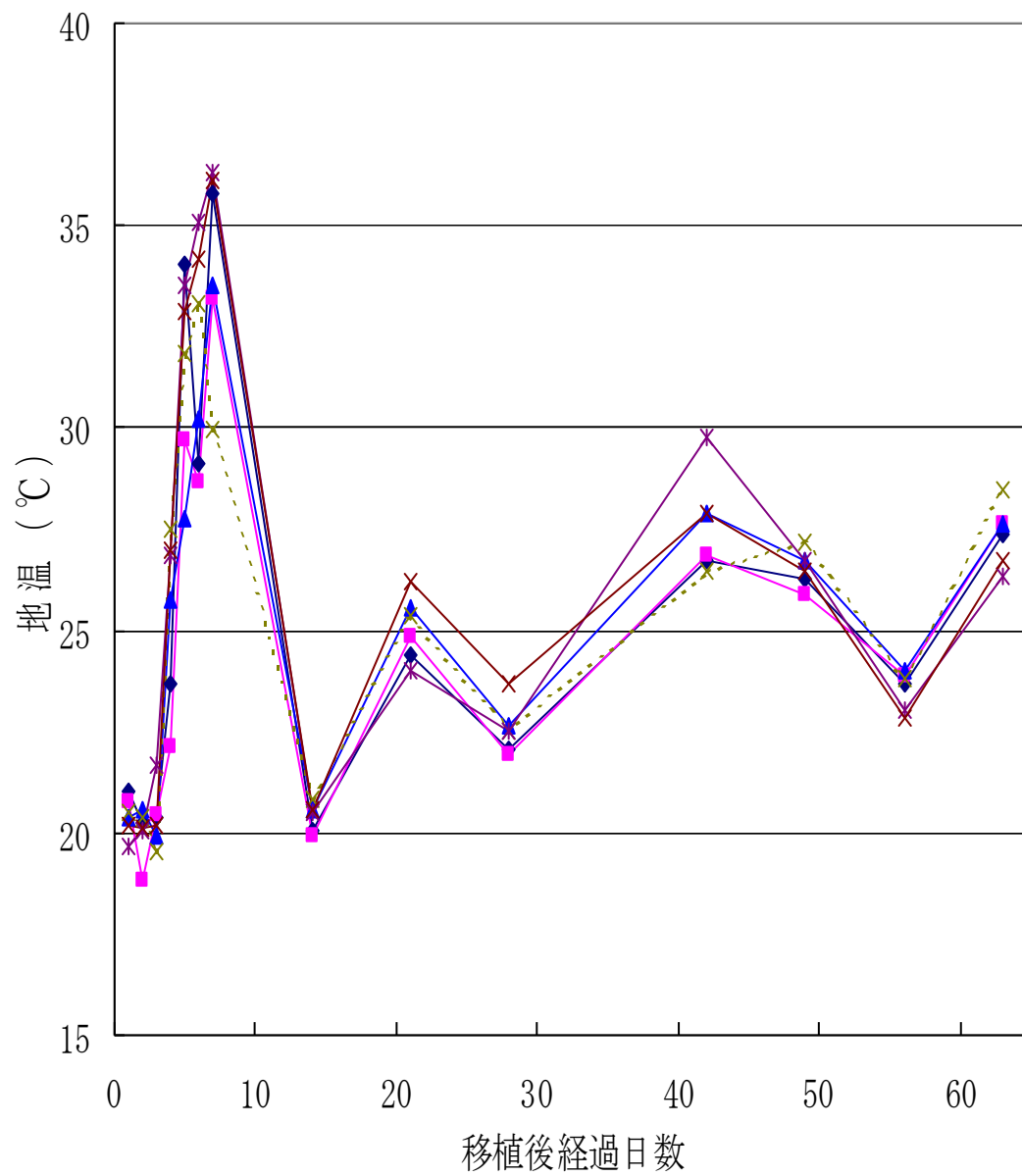
- ◆— 米ヌカ+機械
- ▲— 米ヌカ+くず大豆+機械
- *— 紙マルチ
- 米ヌカ+くず大豆+機械
- x--- 鯉
- x— 機械除草

第4図 酸化還元電位の推移（長期）



- ◆— 米ヌカ+機械
- 米ヌカ+くず大豆+機械
- ▲— くず大豆
- ...×... 鯉
- *— 紙マルチ
- 機械除草

第5図 地温の推移 (48時間)



第 6 図 地温の推移（長期）

※地温の測定は午前 9 時に行った。

4. 病虫害発生状況

(1) イネミズゾウムシ調査

イネミズゾウムシの発生状況を第 3 表に示した。個体数は米ヌカ＋機械区、くず大豆＋機械区、鯉区の順に大きく、機械除草区では小さく有意差が認められた。食害程度はくず大豆＋機械区で最も大きく、紙マルチ区で最も小さく有意差が認められた。紙マルチ区の食害程度が小さいのは再生紙マルチによりイネミズゾウムシの土壌中への産卵を防止し、また、成虫の水中行動が制限され、飛来数も抑制されたためだと思われる。また山室（2005）の報告では有機物を散布することで有機酸などの分解物が増加し、イネミズゾウムシの生息環境の悪条件を生むため被害は減少するとしているが、本研究においては成虫の個体数および成虫による食害程度からは特にそのような傾向は見られなかった。

(2)病害調査

穂いもち病および葉いもち病、紋枯れ病の発生状況を第 4 表に示した。穂いもち病の発生は紙マルチ区で最も多く有意差が認められ、ついで機械除草区が多かった。葉いもち病の発生は機械除草区で最も多く、ついで紙マルチ区が多かった。鯉区での発生は有意に少なかった。一般的にいもち病は稲体がぬれていたり湿っていたりする多湿の状態であると発生が多くなるが、紙マルチ区では茎数が多かったために風通しが悪くなりイモチ病の発生が増加し、逆に鯉区では茎数が少なかったために発生が抑えられたものと思われる。また、紙マルチ区および機械除草区は圃場の東側に林が存在するため、その日影により日照

制限を受ける。これにより日中の稲体の乾燥が他の区に比べて遅れることも原因として考えられた。

紋枯れ病の発生は機械除草区、紙マルチ区でやや多く見られたが、すべての試験区において絶対量は少なかったため水稻の生育・収量に影響を及ぼすものではなかった。

第3表 イネミズゾウムシ発生状況

試験区	個体数 (匹/株)	食害程度 (0～3)
米ヌカ+機械	0.54 a	2.54 ab
米ヌカ+くず大豆+機械	0.40 ab	2.33 bc
くず大豆+機械	0.50 a	2.62 a
鯉	0.52 a	2.61 ab
紙マルチ	0.40 ab	2.25 c
機械除草	0.29 b	2.60 ab

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第4表 いもち病および紋枯れ病発生状況

試験区	穂いもち病発生茎率 (%)	葉いもち病発生茎率 (%)	紋枯れ病被害程度 (0～3)
米ヌカ+機械	0.2 c	2.2 abc	0.05 b
米ヌカ+くず大豆+機械	0.5 c	2.0 abc	0.08 ab
くず大豆+機械	0.7 c	1.3 bc	0.03 b
鯉	0.2 c	0.7 c	0.05 b
紙マルチ	4.1 a	2.9 ab	0.10 ab
機械除草	2.5 b	3.5 a	0.18 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

5. 雑草調査

第5表に6月20日の雑草個体数を示した。また、第7図に6月20日の雑草乾物重を示した。米ヌカ+機械区、米ヌカ+くず大豆+機械区、くず大豆+機械区での機械除草は7月下旬に行ったため、表および図中の試験区名はそれぞれ米ヌカ区、米ヌカ+くず大豆区、くず大豆区として示した。雑草個体数は米ヌカ区でもっとも小さく機械除草区に比べ有意差が認められた。ついでくず大豆区、米ヌカ+くず大豆区の順に小さく、機械除草区と比較して有機物散布区では雑草個体数が小さくなる傾向が見られた。鯉区の雑草個体数も有意ではなかったが機械除草区に比べ小さくなった。雑草乾物重においても有機物散布区は機械除草区に比べ小さかった。米ヌカ+くず大豆区は米ヌカ区、くず大豆区に比べ雑草乾物重が大きかったがこれはコナギの発生数の差によるものと思われた。雑草の種類はコナギがすべての試験区で最も多かった。鯉区では他の区に比べホタルイ、ハリイが多く、機械除草区ではホタルイはまったく見られなかった。

第6表に8月1日の雑草個体数を示した。また、第8図に8月1日の雑草乾物重を示した。有機物散布+機械区内に設置した枠の内側で行った調査結果を米ヌカ区、米ヌカ+くず大豆区、くず大豆区として示した。雑草個体数は紙マルチ区で最も小さく、有意差が認められた。有機物散布+機械区は有機物散布のみによる除草を行った区や機械除草区と比較して明らかに個体数が小さくなる傾向を示した。雑草乾物重では試験区間の差は有意ではなかったが雑草個体数と同様の傾向を示した。鯉区は個体数、乾物重のいずれにおいても米ヌカ+大豆くず+機械区と同程度の値を示し、機械除草区と比較して雑草の発生は少なかった。発生した雑草はすべての区においてほとんどがコナギだった。有機

物散布＋機械区および機械除草区は、有機物散布のみによる除草を行った区に比べホタルイの割合が小さかった。

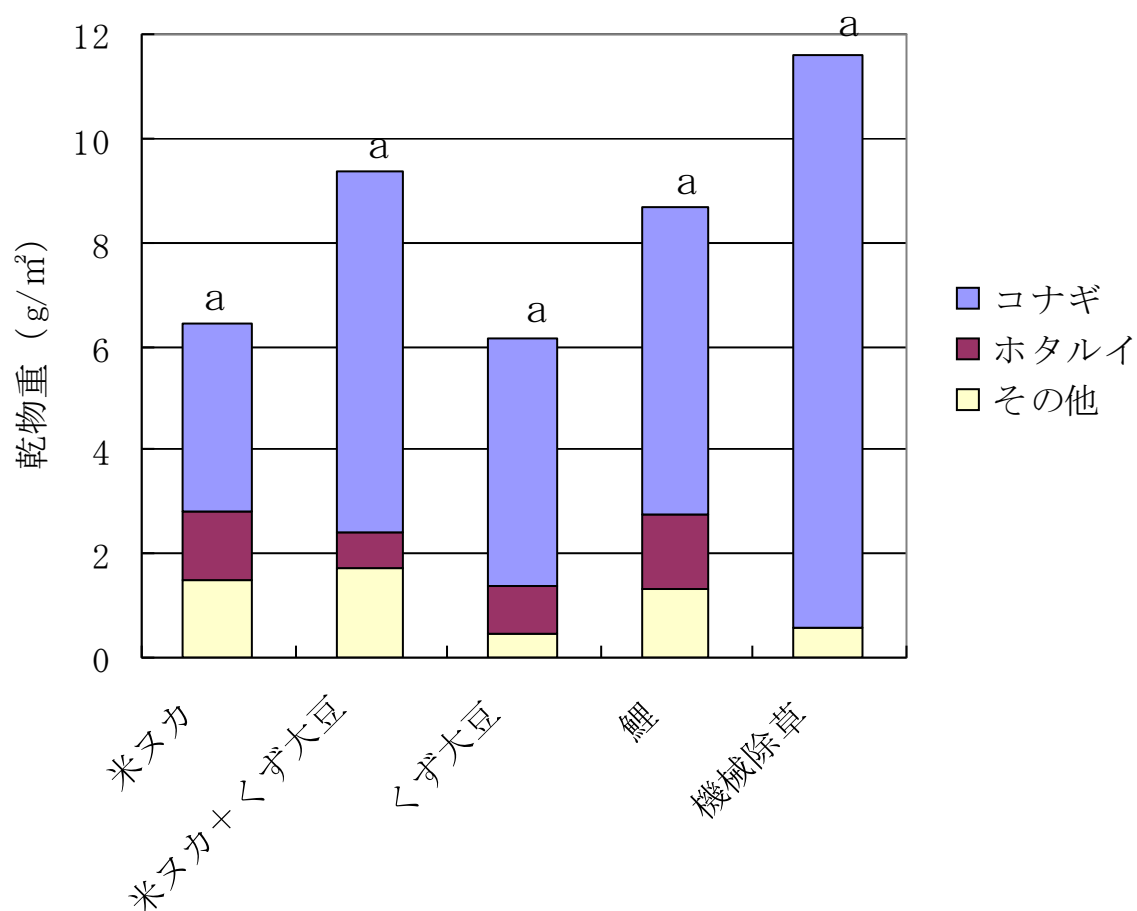
これらの調査結果を総合し除草効果を比較すると、紙マルチ区で最も高い除草効果が認められた。これは紙マルチ区においては田面全体が再生紙マルチで被覆されていたために、雑草が発生可能な場所は紙マルチに空いた植え穴のみであったことによるものと思われた。米ヌカ区、米ヌカ＋くず大豆区、くず大豆区では雑草発生量が多かったが、これは今回の実験では有機物散布区での酸化還元電位の低下が他の区に比べ顕著には起こらなかったために雑草の発芽抑制効果が小さくなったことによるものと思われた。しかし、堀内（2006）の報告によれば米ヌカ等の有機物散布による雑草抑制機構は有機物の分解がもたらす酸化還元電位の低下以外にいわゆるトロトロ層の形成や有機酸の影響があるとしている。本研究でも6月20日の調査において有機物散布区は機械除草区に比べ雑草の発生量が小さくなったため、有機物散布は今回の実験でも雑草発生初期の段階において何らかの雑草抑制効果をもたらしたと考えられた。また、有機物散布＋機械区は機械除草区と比較して雑草発生が少なかったため、有機物散布に機械除草を組み合わせることにより高い除草効果が得られると思われた。また、ホタルイはコナギやイボクサと比べ、細く、折れやすいため、機械除草を行った有機物散布区および機械除草区では発生が少なかったと思われた。

鯉区は機械除草区や有機物散布のみによる除草を行った区に比べ雑草発生量が小さかったが、肉眼による圃場の観察ではその除草効果にむらが見られた。これは鯉が常に移動したりえさを探したりしていた場所では高い除草効果が発揮されるが、鯉が侵入しなかった場所ではまったく除草が行われなかったためだと考えられる。また、鯉区の水口側に藻が発生したがこれは深水処理により常時水位が高かったためと思われた。

第5表 雑草個体数 (6月20日)

試験区	雑草個体数 (本/m ²)							合計
	コナギ	ホタルイ	キカシグサ	アゼナ	アブノメ	イボクサ	ハリイ	
米ヌカ	1030 b	270 ab	0 b	0 c	11 b	0 a	4 a	1315 b
米ヌカ+くず大豆	2167 ab	204 ab	0 b	0 c	0 b	7 a	22 a	2400 ab
くず大豆	1878 ab	278 ab	7 b	0 c	11 b	15 a	22 a	2211 ab
鯉	1919 ab	467 a	22 b	78 b	63 ab	4 a	230 a	2781 ab
機械除草	3767 a	4 b	96 a	141 a	96 a	7 a	52 a	4163 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。



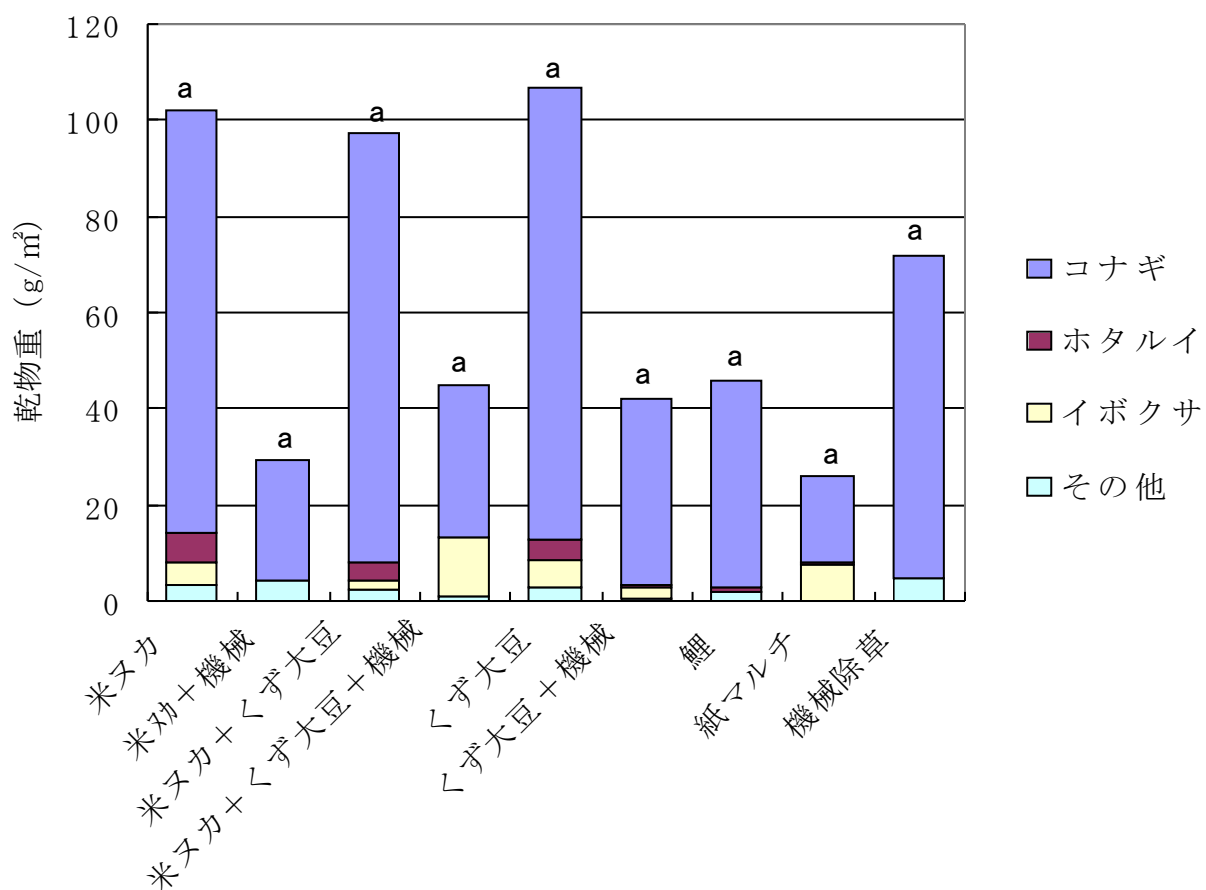
第7図 雑草乾物重 (6月20日)

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において 5%水準で有意差がないことを示す。

第6表 雑草個体数 (8月1日)

試験区	雑草個体数 (本/m ²)									合計
	コナギ	ホタルイ	オシロイ	アゼナ	イボクサ	ハリイ	ミヅハバ	ヤギタ	チョウジタ	
米ヌカ	1400 a	233 ab	0 a	19 a	26 a	74 a	19 b	0 a	0 a	1770 ab
米ヌカ+機械	470 a	56 bc	4 a	11 a	4 a	37 a	15 b	0 a	4 a	600 ab
米ヌカ+大豆くず	1648 a	215 abc	0 a	0 a	7 a	0 a	0 b	4 a	0 a	1874 ab
米ヌカ+大豆くず+機械	415 a	144 bc	0 a	0 a	0 a	4 a	19 b	0 a	4 a	585 ab
大豆くず	1933 a	363 a	0 a	11 a	7 a	22 a	81 ab	0 a	0 a	2419 a
大豆くず+機械	844 a	89 bc	4 a	0 a	11 a	19 a	37 b	0 a	0 a	1004 ab
鯉	381 a	30 bc	7 a	0 a	15 a	4 a	0 b	0 a	0 a	437 ab
紙マルチ	96 a	6 c	0 a	0 a	7 a	0 a	0 b	0 a	0 a	109 b
機械除草	1759 a	22 bc	22 a	85 a	22 a	37 a	181 a	4 a	0 a	2133 ab

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。



第8図 雑草乾物重 (8月1日)

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において 5%水準で有意差がないことを示す。

6. 生育の経過

第 9 図に草丈の推移を示した。草丈は生育全般を通して紙マルチ区で高かった。米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区，くず大豆＋機械区では最高分げつ期以前は機械除草区よりやや低かったが，最高分げつ期以降機械除草区よりもやや高くなった。鯉区は移植後 40 日頃までは有機物散布＋機械区と同程度だったが，それ以降有機物散布＋機械区よりも低くなった。

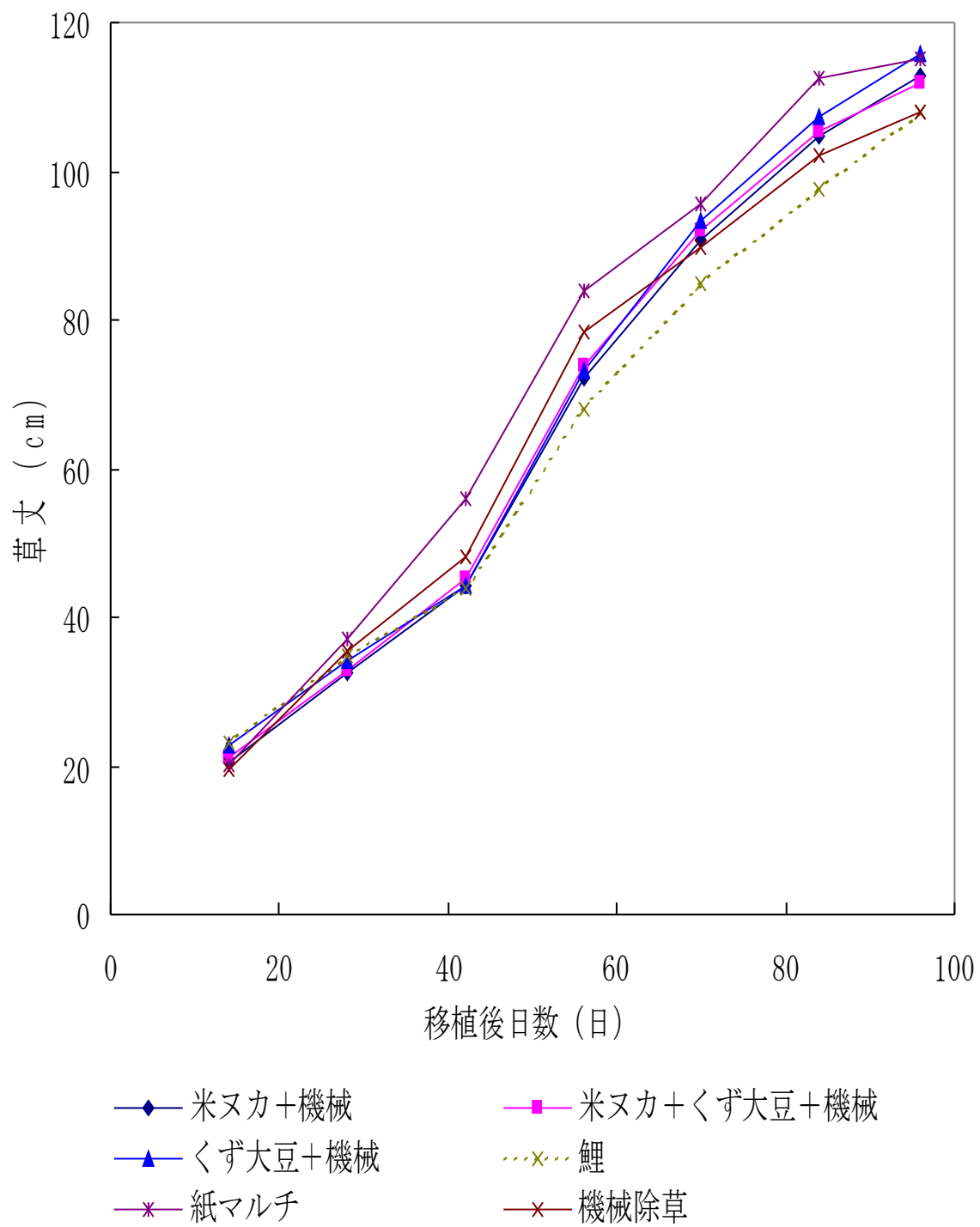
第 10 図に茎数の推移を示した。茎数は紙マルチ区で常に高い値で推移した。紙マルチ区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区，米ヌカ＋機械区で最高分げつ期に茎数が増加したがその後減少した。くず大豆＋機械区は最高分げつ期以降に機械除草区より高く推移した。鯉区は他の区に比べ常に低い値で推移した。

第 11 図に葉数の推移を示した。葉数は機械除草区で 7 月上旬から 8 月上旬まで他の区よりもやや高かった。鯉区は 7 月上旬以降他の区よりも低い値で推移した。

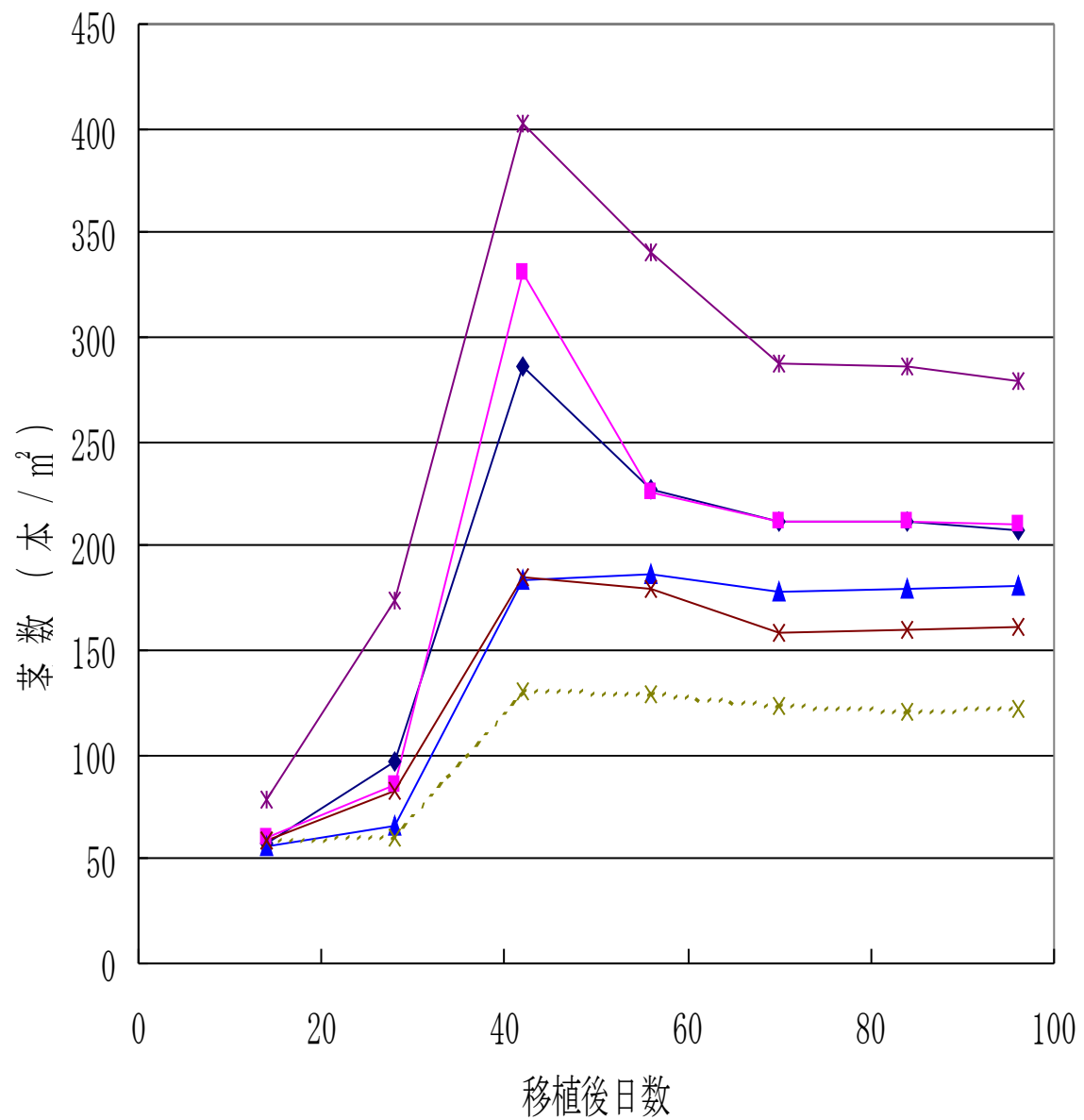
第 12 図に葉色値の推移を示した。葉色値は米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区，くず大豆＋機械区で最高分げつ期以降高くなり，8 月下旬まで続いた。紙マルチ区，機械除草区は有機物散布＋機械区よりもやや低い値をとりながら推移した。鯉区は常に機械除草区よりも低かったが，8 月下旬に機械除草区と同程度になり，9 月中旬には有機物散布＋機械区と同程度になった。

機械除草区に比べ米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区，くず大豆区で草丈が高くなり，米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区で最高分げつ期に茎数が増加したのは米ヌカおよびくず大豆の肥料効果によるものと思われる。有機物散布区＋機械区で葉色値が高かったことも同様の理由によるものと思われる。くず大豆＋機械区では最高分げつ期に米ヌカ＋機械区および米ヌカ

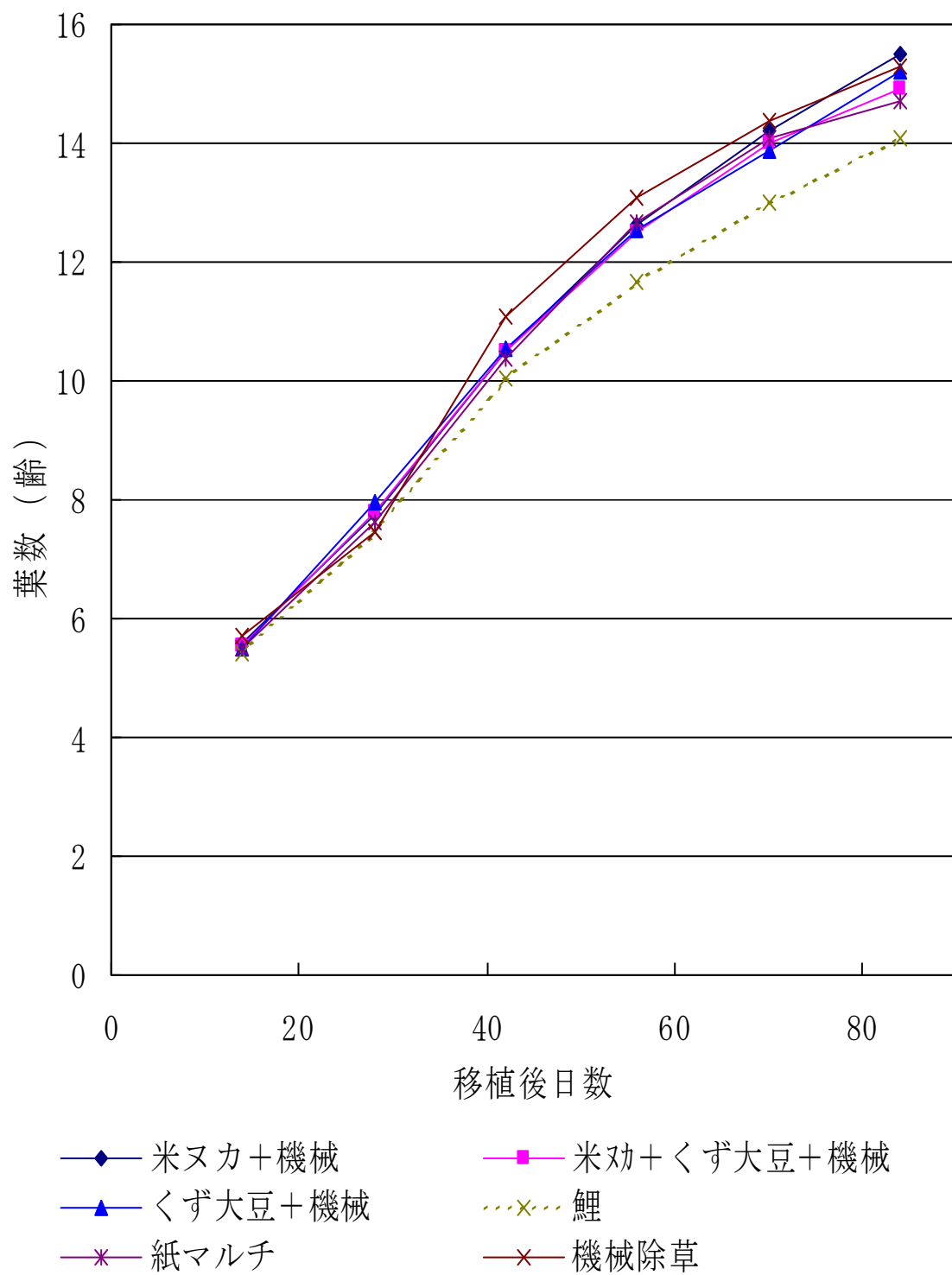
＋くず大豆＋機械区ほどの大きな茎数の増加は見られなかったが、これはくず大豆の粒径が米ヌカよりも大きいために分解が遅れ、それに伴い肥料効果の発現も遅れたのではないかと推測された。しかし有機物散布＋機械区では生育後期に比較的高い茎数があったことから米ヌカおよびくず大豆の肥料効果は生育後期まで続いたと考えられた。また紙マルチ区では草丈、茎数ともに高い値で推移したが、これは紙マルチ区では雑草発生が少なく雑草と水稻との競合が起こらなかったこと、また紙マルチ区は他の区よりも植え付け本数が多かったことが原因だと思われた。水稻栽培を行う際の深水管理は、生育初期の移植後 30 日程度にとどめるほうがよく、生育の中期以降後半まで継続すると分けつ茎数を抑制するとの報告があるが（2006 渡邊ら）、鯉区において茎数、草丈ともに低い値で推移したおもな要因も 8 月 3 日まで継続して行った深水管理にあると思われた。また、鯉が水稻の上根を切断するという報告もある（1995 高橋ら）。さらに鯉区の葉色値が生育後期に高くなったことも、生育初期からの生育不良により稲体への窒素吸収が遅れたためだと思われた。



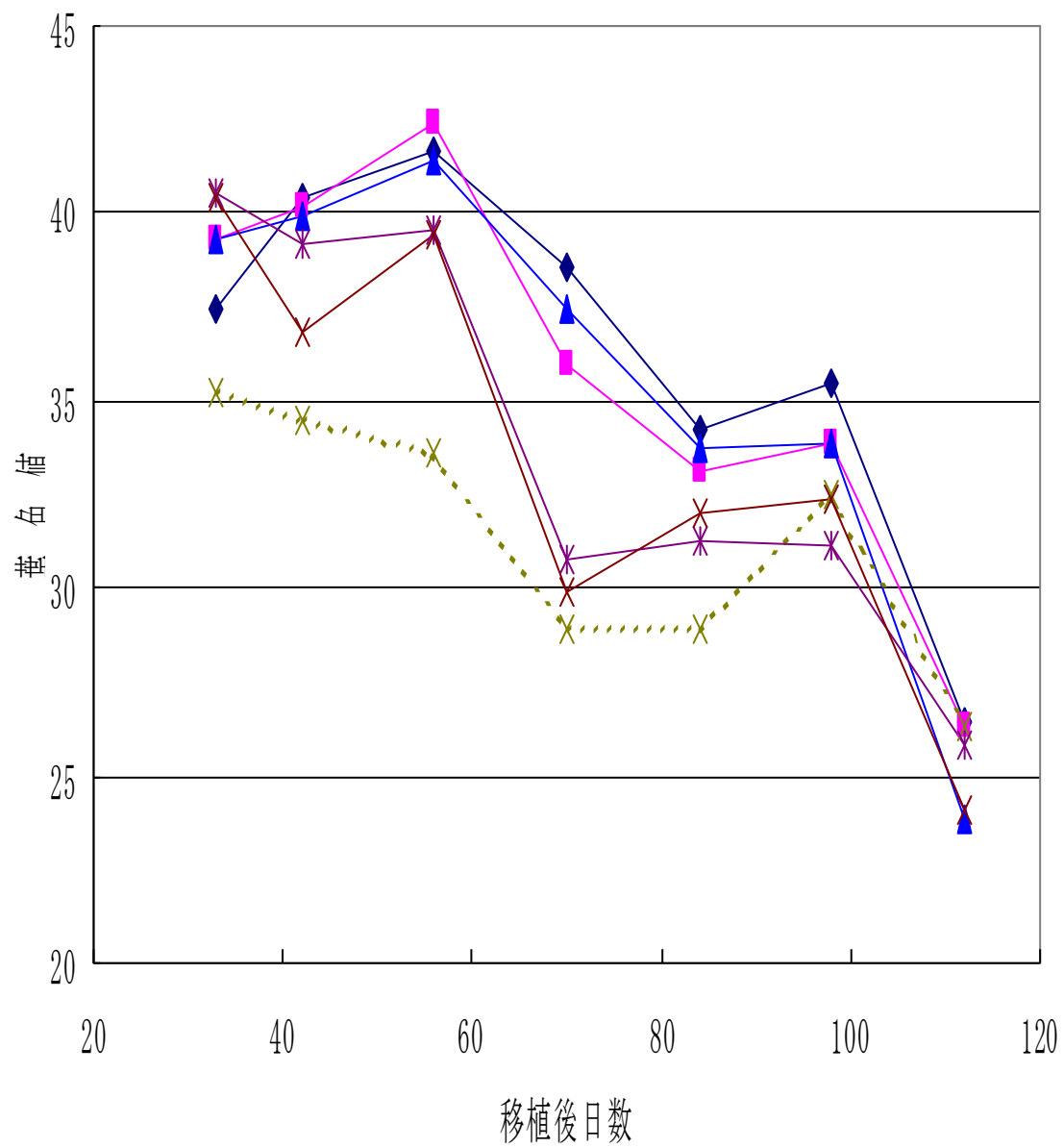
第9図 草丈の推移



第 10 図 茎数の推移



第 11 図 葉数の推移



◆ 米ヌカ ■ 米ヌカ+くず大豆 ▲ くず大豆
 ...×... 鯉 * 紙マルチ × 機械除草

第 12 図 葉色値の推移

7. 葉面積指数および乾物重、窒素含有量

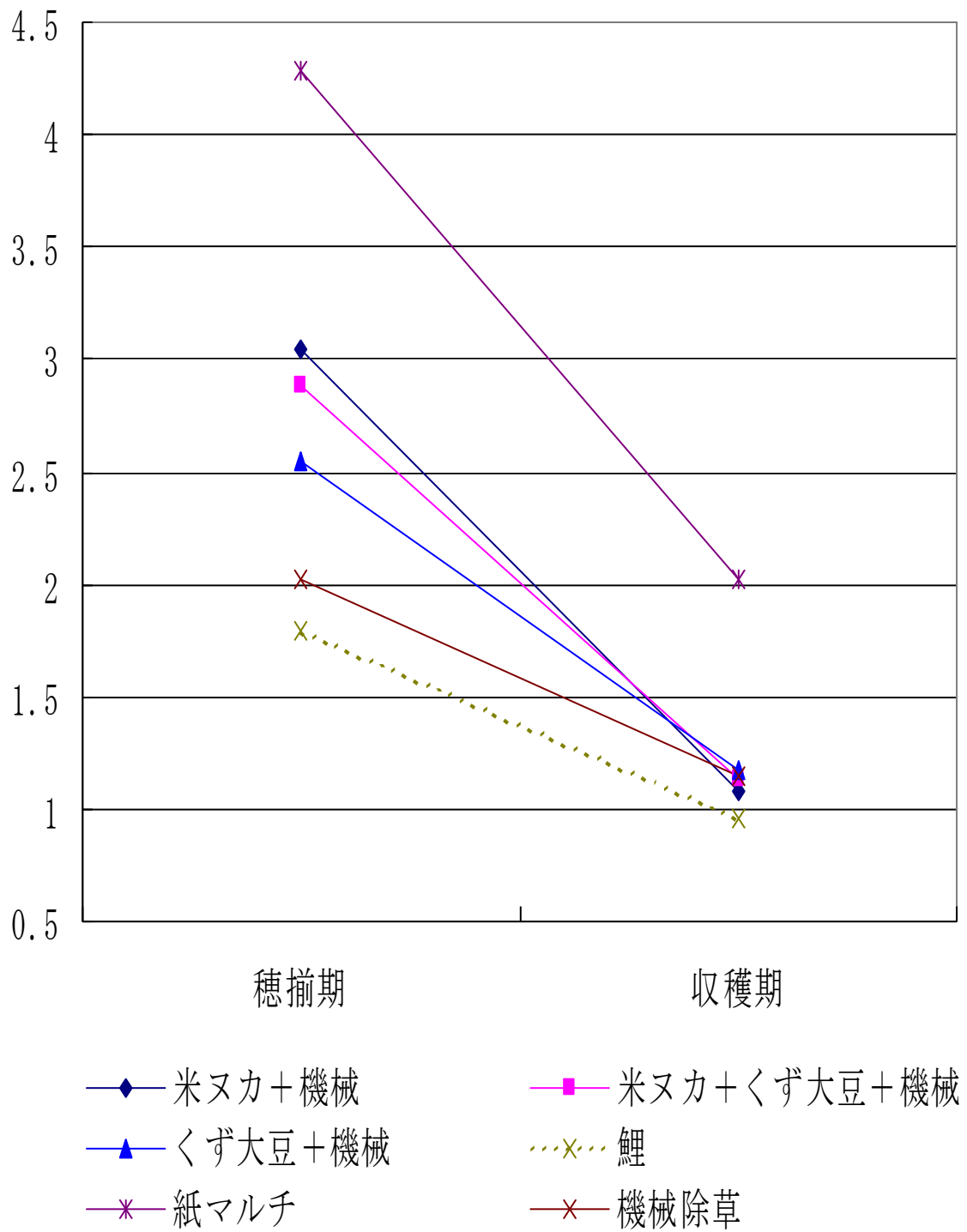
第 13 図に穂揃期、収穫期における葉面積指数の推移を示した。すべての試験区において穂揃期よりも収穫期が低下する傾向を示した。いずれの期間においても紙マルチ区が最も高かった。ついで有機物散布＋機械区で高く、機械除草区、鯉区は穂揃期では有機物散布＋機械区よりも低かったが収穫期では同程度であった。

第 14 図に穂揃期における器官別乾物重を示した。また、第 15 図に収穫期における器官別乾物重を示した。穂揃期では紙マルチ区と米ヌカ＋機械区が大きく、鯉区は最も小さく有意差が認められた。収穫期では紙マルチ区がその他の区と比較して有意に大きかった。ついで米ヌカ＋機械区が大きく、くず大豆＋機械区および鯉区との間に有意差が認められた。有機物散布＋機械区ではいずれの時期においても米ヌカ＋機械区、米ヌカ＋くず大豆＋機械区、くず大豆区の順に全乾物重が大きかった。

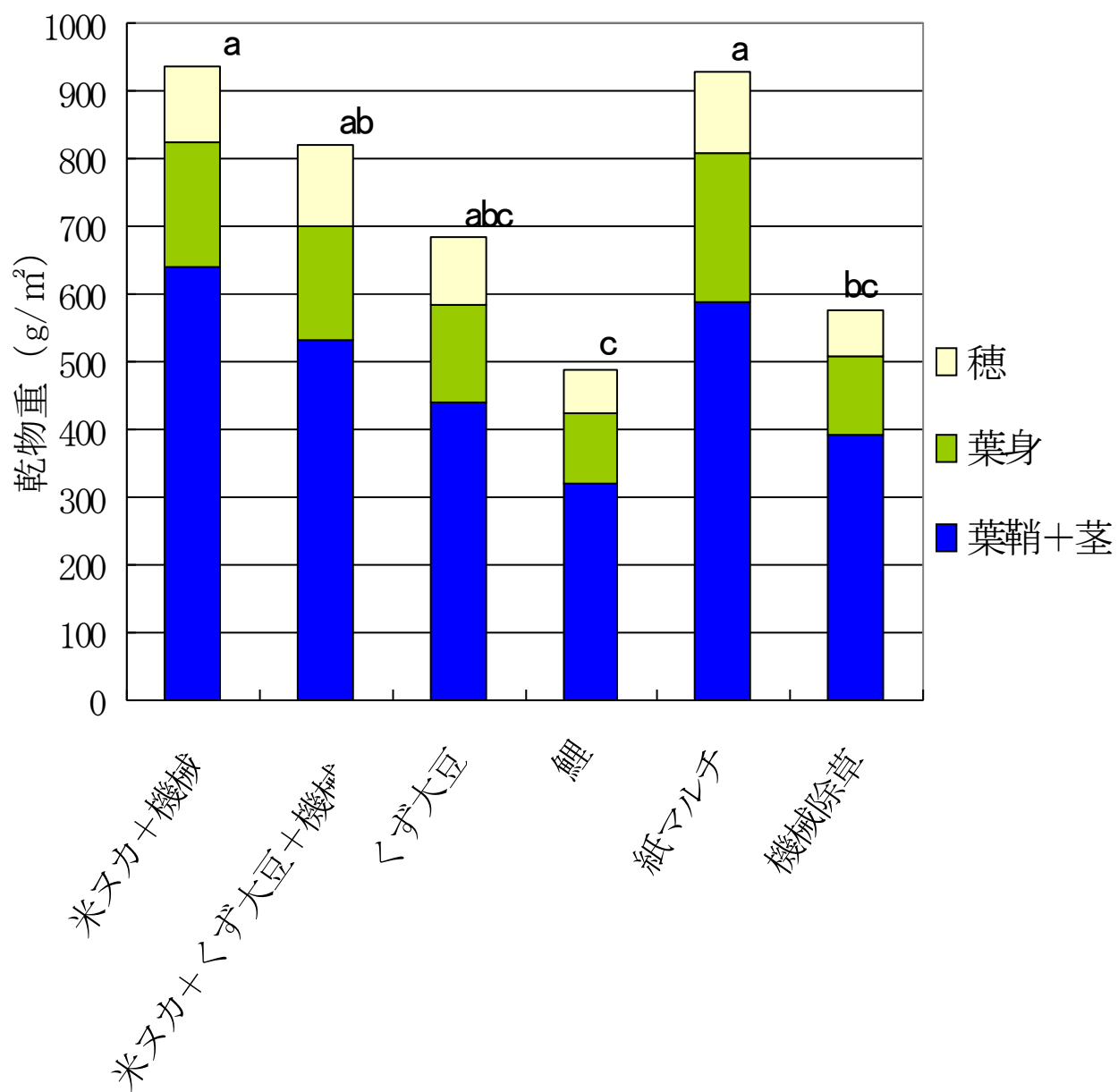
第 7 表に収穫期における器官別窒素含有率および窒素含有量を示した。器官別窒素含有率はいずれも米ヌカ＋くず大豆＋機械区で高く、機械除草区で低く、有意差が認められた。米ヌカ＋機械区も高い傾向を示したが、くず大豆＋機械区は低い傾向を示した。窒素含有量については紙マルチ区で最も高い値を示した。ついで合計では米ヌカ＋機械区、米ヌカ＋くず大豆＋機械区の順に高かった。鯉区は葉鞘＋茎、葉身、穂いずれにおいても最も窒素含有量が低かった。

有機物散布＋機械区では散布した有機物の肥料効果により乾物重および葉面積指数が増加する傾向が見られた。しかし、米ヌカ＋機械区、米ヌカ＋くず大豆＋機械区に比べくず大豆＋機械区は低くなる傾向があった。これはくず大豆が米ヌカに比べ分解されにくいことが要因として考えられた。しかし米ヌカ＋

くず大豆＋機械区では窒素含有率は高く、また茎数なども高く推移していたことから、くず大豆を米ヌカとともに散布するとまず最初に米ヌカが微生物に分解され微生物の増殖を促すことによりくず大豆の分解が促進されるのではないかと考えられた。よってくず大豆は米ヌカとともに散布することで水稻の生育についてはよりよい効果が期待できると思われた。また紙マルチ区は収穫期の葉鞘＋茎の乾物重が他の区と比較して明らかに大きかったがこれは紙マルチ区の茎数が多く、また茎も太かったためと思われた。

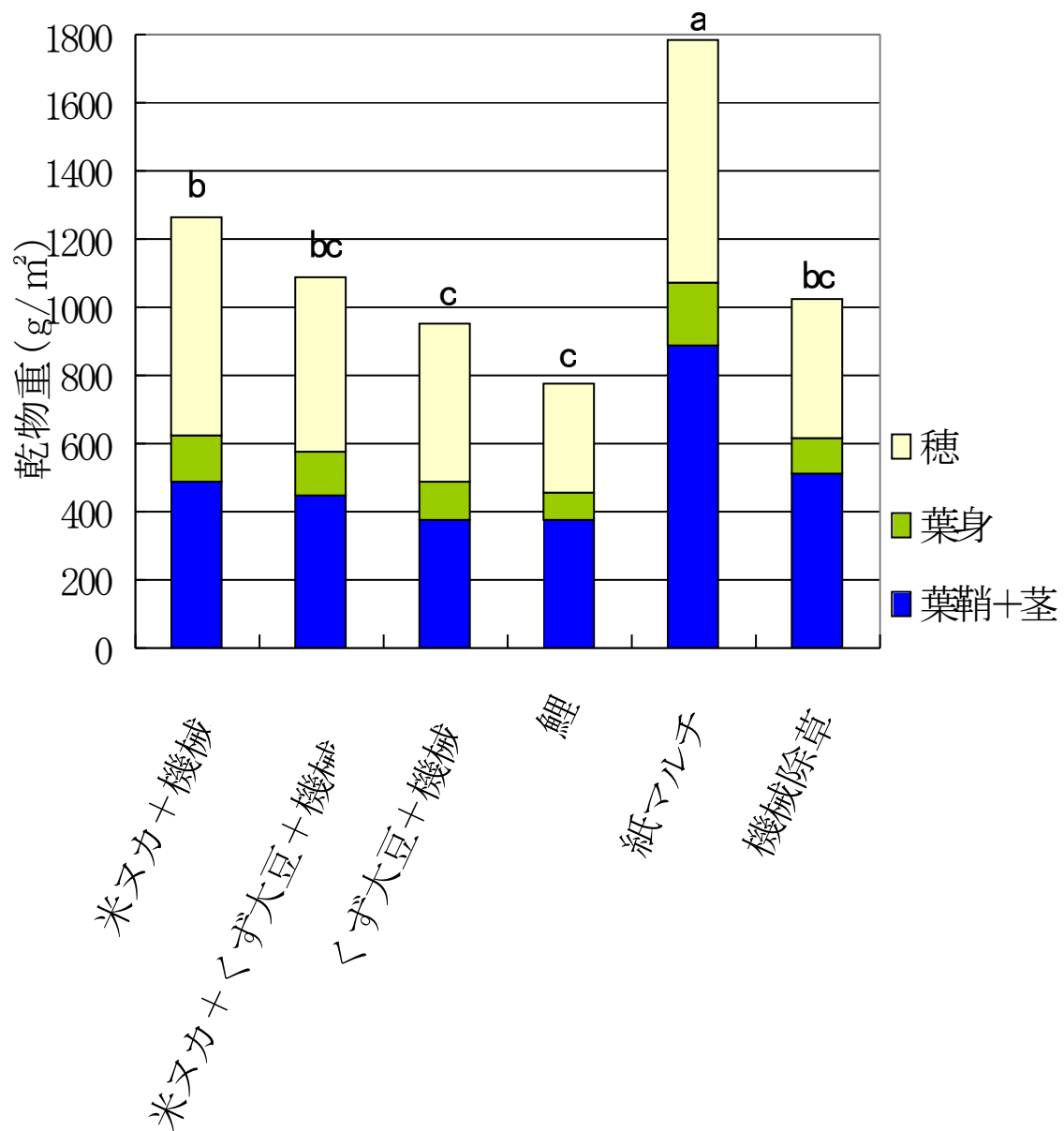


第 13 図 葉面積指数の推移



第 14 図 器官別乾物重（穂揃期）

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において 5%水準で有意差がないことを示す。



第 15 図 器官別乾物重（収穫期）

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において 5%水準で有意差がないことを示す。

第7表 器官別窒素含有率と窒素含有量（収穫期）

試験区	窒素含有率 (%)				窒素含有量 (g/m ²)			
	葉身	葉鞘+茎	穂	全体	葉身	葉鞘+茎	穂	合計
米ヌカ+機械	0.79 ab	0.46 b	1.04 ab	0.79 b	1.09 abc	2.23 ab	6.72 a	10.03 a
米ヌカ+くず大豆+機械	1.02 a	0.62 a	1.12 a	0.91 a	1.31 ab	2.82 a	5.78 a	9.91 a
くず大豆+機械	0.80 ab	0.36 bc	0.83 d	0.64 c	0.88 bc	1.36 b	3.80 b	6.05 b
鯉	0.88 ab	0.36 bc	0.99 abc	0.67 c	0.67 c	1.33 b	3.20 b	5.20 b
紙マルチ	0.82 ab	0.35 bc	0.89 cd	0.61 c	1.54 a	3.12 a	6.32 a	10.98 a
機械除草	0.67 b	0.32 c	0.91 bcd	0.59 c	0.73 c	1.63 b	3.66 b	6.02 b

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

7. 節間長および収量，収量構成要素，玄米品質

第 8 表に節間長を示した。穂長は有機物差散布＋機械区で長かった。稈長は紙マルチ区で最も長くなり，ついで有機物散布＋機械区が長かった。節間長は有機物散布＋機械区で上位の節間が長くなる傾向を示した。鯉区は他の区に比べ穂長，稈長および節間長は短かった。

第 9 表に収量調査の結果を示した。精玄米重は紙マルチ区で最も高く，ついで有機物散布＋機械区で米ヌカ＋くず大豆＋機械区，米ヌカ＋機械区，くず大豆＋機械区の順に高くなった。鯉区は最も低くその差は有意だった。全重，精籾重においてもほぼ同様の傾向を示した。

第 10 表に収量構成要素を示した。穂数は紙マルチ区で最も多く，ついで有機物散布＋機械区が多かった。一穂籾数は米ヌカ＋機械区，米ヌカ＋くず大豆＋機械区で最も多く，ついでくず大豆＋機械区が多く，機械除草区はもっとも少なかった。登熟歩合，玄米千粒重は試験区間で有意な差は見られなかった。

第 11 表に玄米の食味値およびタンパク含有率を示した。食味値については米ヌカ＋機械区，機械除草区，紙マルチ区で高く，それに対し鯉区で有意に低かった。タンパク含有率およびタンパク CM 含有率には有意な差は見られなかった。

節間長について有機物散布＋機械区で穂長および上位の節間が長くなる傾向がみられたことから有機物の肥料効果は生育後期まで持続し窒素吸収がなされたと思われ，それにより穂数および一穂籾数も高い値が得られ，結果として比較的高い収量が得られた。紙マルチ区は雑草発生が少なかったことが高収量のおもな要因と思われたが，再生紙マルチが分解する際になんらかの理化学的な作用により窒素吸収が促された可能性も考えられるため，今後検討の余地がある。

渡邊ら(2006)は長期の深水処理が水稻の窒素吸収を抑制すると報告しており、本研究でも鯉区は他の区に比べ明らかに生育・収量が不良であった。機械区の収量が有機物散布＋機械区、紙マルチ区に比べやや劣ったのは雑草の発生が多かったために水稻と雑草の競合が起こったと思われた。

第8表 穂長、稈長および節間長

試験区	穂長 (cm)	稈長 (cm)	伸長節間長 (cm)						
			I	II	III	IV	V	VI	V+VI
米ヌカ+機械	21.0 a	89.5 ab	38.5 a	21.5 ab	20.4 a	8.5 ab	4.3 b	1.7 ab	5.0 b
米ヌカ+くず大豆+機械	21.2 a	90.8 ab	38.8 a	21.8 a	16.1 bc	8.6 ab	4.5 b	1.3 ab	5.0 b
くず大豆+機械	20.6 ab	90.8 ab	38.3 a	21.4 ab	16.8 b	9.2 a	4.6 b	2.2 a	5.3 b
鯉	20 bc	82.1 c	36.2 b	19.8 c	13.8 c	7.4 b	4.5 b	1.8 ab	5.1 b
紙マルチ	19.5 bc	94.0 a	37.2 ab	22.0 a	18.2 ab	9.8 a	6.6 a	0.7 b	6.8 a
機械除草	19.8 c	87.0 b	37.1 ab	20.4 bc	15.8 bc	8.6 ab	4.4 b	1.2 ab	4.9 b

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第9表 収量調査

試験区	全重 (g/m ²)	精籾重 (g/m ²)	藁重 (g/m ²)	籾/藁	総玄米重 (g/m ²)	屑米重 (g/m ²)	精玄米重 (g/m ²)
米ヌカ+機械	1185 a	567 a	619 ab	0.92 ab	466 a	28 ab	438 a
米ヌカ+くず大豆+機械	1196 a	582 a	614 ab	0.95 a	480 a	28 ab	452 a
くず大豆+機械	1131 ab	536 a	596 b	0.90 b	442 a	23 bc	419 a
鯉	744 c	331 c	412 c	0.80 d	271 c	14 c	257 c
紙マルチ	1317 a	603 a	714 a	0.84 c	497 a	34 a	463 a
機械除草	939 bc	432 b	507 bc	0.85 c	356 b	19 c	337 b

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第10表 収量構成要素

試験区	穂数 (本/m ²)	一穂籾数 (粒/本)	籾数 (粒/m ²)	登熟歩合 (%)	玄米千粒重 (g/1000粒)
米ヌカ+機械	208 b	127 a	26487 ab	88.9 a	21.5 a
米ヌカ+くず大豆+機械	211 b	127 a	26781 ab	87.5 a	21.7 a
くず大豆+機械	181 bc	119 ab	21536 bc	88.1 a	21.7 a
鯉	122 d	116 ab	14346 d	90.6 a	21.7 a
紙マルチ	279 a	112 ab	31154 a	87.1 a	21.5 a
機械除草	162 c	104 b	16753 cd	89.6 a	21.4 a

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

第11表 食味値およびタンパク含有率

試験区	食味値	タンパク (%)	タンパクCM (%)	水分率 (%)	アミロース (%)	脂肪酸 (KOHmg/100g)
米ヌカ+機械	83.0 a	4.7 a	5.5 a	15.1 b	19.3 ab	18.6 bc
米ヌカ+くず大豆+機械	81.0 ab	5.0 a	5.9 a	15.1 b	19.2 bc	18.2 cd
くず大豆+機械	81.7 ab	5.0 a	5.9 a	15.3 a	19.2 bc	18.1 cd
鯉	79.3 b	5.1 a	6.0 a	14.6 d	19.3 a	19.4 a
紙マルチ	82.0 a	4.9 a	5.7 a	15.0 b	19.1 c	17.8 d
機械除草	82.3 a	4.7 a	5.5 a	14.8 c	19.3 ab	19.0 ab

各項目の同一のアルファベットはダンカンの多重検定において5%水準で有意差がないことを示す。

8. コスト計算

(1)コスト計算

第 12 表にコスト計算の表を示した．実際に圃場において作業を行った際の所要時間と所要人数を参考にし，10a 当たりに換算した．また，作業時間の目安として所要時間と所要人数の積を所要時間×所要人数として示した．鯉区は鯉の回収および設備工事に多くの時間と人数を要したため，作業の所要時間，所要人数のいずれについても最も多かった．紙マルチ区の再生紙マルチシートの敷設は専用機械で移植と同時に行ったため，マルチシートの補充などの通常の移植よりも余分にかかる所要時間と人数のみを計測した．再生紙マルチシートを一旦敷設すればそれ以降特に除草作業を必要としないため，紙マルチ区の所要時間×所要人数はもっとも小さかった．米ヌカおよびくず大豆は今回の実験では付属農場内の副次生産物を利用したので費用はかからなかった．購入して使用する場合は 1kg あたり 100 円程度かかる．鯉区と紙マルチ区でともに 20000 円程度の費用がかかったが，鯉は回収して次年度も使用できることを考慮すると鯉区のほうが低予算であると考えられた．

(2)鯉調査

第 13 表に鯉調査の結果を示した．鯉は放飼開始時に比べ放飼終了時には全長は 29%増加し，体重は 88%増加した．高橋ら（1993）によれば全長 15cm 程度の鯉を a 当たり 50～100 尾放飼した場合，回収時には体は大きくならないとしているが，本研究で使用した鯉は高橋らが使用したものよりも小さく，また放飼密度も低かったために全長，体重ともに増加したと思われた．回収率は 60%

程度だった。サギによる鳥害が起こったことと水尻に設置した網の隙間をぬって逃げた個体がいたことが原因だと思われた。

第2表 コスト計算

試験区	作業項目	所要時間 (h/10a)	所要人数 (人/10a)	時間×人数 (h・人/10a)	費用項目	費用 (円/10a)
米ヌカ+機械	○米ヌカ100kg/10aの散布	1.5	1	1.5	○米ヌカ	0
	○機械除草	1.5	2	3		
米ヌカ+くず大豆+機械	○米ヌカ100kg/10aの散布	1.5	1	1.5	○米ヌカ	0
	○くず大豆50kg/10aの散布	1	1	1	○くず大豆	0
	○機械除草	1.5	2	3		
くず大豆+機械	○くず大豆50kg/10aの散布	1	1	1	○くず大豆	0
	○機械除草	1.5	2	3		
鯉	○鯉の放飼	2	2	4	○鯉 (400尾/10a)	20000
	○鯉の回収	4	2	8	○配合飼料 (5kg/10a)	2000
	○設備工事 (防鳥ネットの設置、水路掘り)	6	4	24		
紙マルチ	○再生紙マルチの敷設	0.5	1	0.5	○再生紙マルチシート	20000
機械除草	○機械除草 (2回)	1.5×2	2	6		

第13表 鯉の全長、体重及び個体数

調査項目	放飼開始時	放飼終了時	増加率 (%)
全長平均 (cm)	10.2	13.2	29
体重平均 (g)	18.4	34.6	88
個体数 (匹)	230	139	-40

9. 今後の検討課題

今回の実験では除草効果の比較を主な目的としたため、有機物散布のみによる除草を行った米ヌカ区、米ヌカ＋くず大豆区、くず大豆区は雑草調査のみには使用せず、生育・収量の調査は行わなかった。これにより、有機物散布＋機械区の生育・収量に対する機械除草の影響は不明だった。機械除草を行うことで稲の根系が傷つけられるなどの可能性が考えられるため、今後検討を要すると思われた。また、今回の実験では有機物散布に機械除草を組み合わせで行ったが、これら以外の組み合わせも検討する必要がある。さらに、前述したように再生紙マルチが水稻の窒素吸収に及ぼす理化学的特性や、有機物資材としての価値も検討でき、さらに紙マルチが田面を被覆することにより圃場の脱窒が抑制されるとの報告もあり（1993 津野ら）、物理的特性の検討も必要である。また今回の実験では鯉区の成育・収量が他の区に比べ劣ったので、今後は鯉区の水管理法なども課題とする必要がある。

IV. 摘要

水稻有機栽培において各種の雑草防除法を同一条件下で並行して行い、除草効果、水稻の生育・収量に及ぼす影響、コストおよび労働力の点で比較、検討した。米ヌカ散布と機械除草を組み合わせて行った区、米ヌカおよびくず大豆散布と機械除草を組み合わせて行った区、くず大豆散布と機械除草を組み合わせて行った区、再生紙マルチ除草を行った区、鯉除草を行った区、機械除草を二回行った区を設置した。

紙マルチ区は生育時期全般において高い除草効果を示した。有機物散布＋機械区、鯉区でも紙マルチ区について効果があったが鯉除草の効果はむらがあった。機械除草区では雑草の発生が多かった。しかし、機械除草を行った区ではホタルイの発生が抑制された。

水稻の生育は雑草との競合が起こらなかった紙マルチ区でもっとも良好だった。有機物散布＋機械区では散布した有機物の肥料効果が見られ、茎数、草丈が高くなった。特に米ヌカ＋機械区、米ヌカ＋くず大豆＋機械区で高い値を示した。鯉区は深水管理の影響で成育は劣っていた。節間長は有機物散布＋機械区で上位節間がやや長くなった。収量は全重、精玄米重は紙マルチ区が最も高く、米ヌカ＋機械区、米ヌカ＋くず大豆＋機械区も比較的高く、鯉区は最も低かった。穂数は紙マルチ区が最も高かったが一穂粒数では有機物散布＋機械区が高かった。食味値は機械除草区、紙マルチ区、米ヌカ＋機械区で高く、鯉区で低かったがタンパク含有率には有意差はなかった。

コストは鯉区、紙マルチ区が最も高かった。労働力は鯉区で最も多く、マルチ区で最も少なかった。

Summary

Effects of Various Weed Control Methods on Growth and Yield in Organic Rice Cultivation

Kenji Sato

I investigated the effects, cost and working condition of various weed control methods on growth and yield of paddy rice in organic culture. I installed six plots; combination of scattering rice bran with weeder (Rice bran + Weeder plot), combination of scattering rice bran and scrap soybean with weeder (Rice bran + Scrap soybean + Weeder plot), combination of scattering scrap soybean with weeder (Scrap soybean + Weeder plot), weeding by carp, weeding by mulching paper and two times weeding by weeder.

In all stages of rice growth, weeding by mulching paper was highly effective. In Organic materials (rice bran and/or scrap soybean) + Weeder plots and Carp plot, the volume of weed was more than Mulching paper plot. The effect of weeding by carp was unstable. Two times weeding by weeder was not effective in comparison with other methods, but *Scirpus juncoides* subsp. *Juncoides* was controlled by weeder.

Because there was no competition with weeds, in weeding by mulching paper plot, the growth of rice was best. The fertilizer efficiency of rice bran and scrap soybean appeared for the large tiller numbers and long length of rice plant in Organic materials + Weeder plots, but not in Rice bran +

Weeder plot and Rice bran + Scrap soybean + Weeder plot. Weeding in carp plot had bad effect on the growth of rice by the deep flooding management. In Organic materials + Weeder plots, top internode length was longer than other plots. The highest brown rice yield was 463 g/m² in weeding by mulching paper plot and followed by Rice bran + Scrap soybean + Weeder plot, and Rice bran + Weeder plot. For yield components, weeding by mulching paper plot had the highest panicle numbers, and Organic materials + Weeder plots had high number of grains per head. In two times weeding by weeder plot, weeding by mulching paper plot and Rice bran + Scrap soybean + Weeder plot, palatability was high, but for weeding in carp plot, it was low. Nevertheless, these values didn't have significant differences.

Weeding in carp plot and weeding in mulching paper plot needed the highest cost. Labor force was needed by weeding in carp plot. Weeding in mulching paper plot hardly needed labor force.

V. 謝辞

本研究の遂行および本論文の作成にあたりご指導，ご助言を頂いた作物生産技術学研究室の前田忠信教授，作物栽培学研究室の吉田智彦教授，和田義春助教授，三浦邦夫助教授，土壌学研究室の平井英明助教授，星野幸一技官には心から深く感謝申し上げます。

雨の日も風の日も共に農場での作業を手伝ってくださった堀内宜彦先輩，君嶋治樹先輩，雑賀正人先輩，沖山毅君，佐藤明宏君，會川香奈子さん，土壌学研究室の斉藤奏枝先輩，千葉清史先輩，箕輪律子先輩，小番直樹君，日本大学の森嶋規仁君，東京大学の佐賀井先輩，圃場管理などの面でご協力頂きました宇都宮大学附属農場の技官の皆様や朝妻英治さんに深く感謝しております。また，今まで育てて下さった両親，何かとお世話になりました二宮町の上野さん夫妻，至らない自分を支えてくれた作物栽培学研究室の学生の皆様，その他巡り会ったすべての方々に支えられて現在の自分があることを心より感謝しております。ありがとうございました。

VI. 参考文献

秋田正人 2000 生きている化石<トリオプス> カブトエビのすべて.
八坂書房.

堀内宜彦 2006 水稻有機栽培における米ぬかの雑草抑制メカニズムと水稻の
生育収量.

宇都宮大学修士論文:1-62

磯辺勝孝・浅野紘臣・坪木良雄 1998 栽培法の違いが水田における雑草の発
生と水稻の生育・収量におよぼす影響 ―特にアイガモ農法に注目して―.

日作紀 67(3): 297-301

片山寛之・植木邦和・曾我実・松本啓志 1974 水田雑草の生物学的制御にお
けるカブト

エビの除草効果に関する研究 第 1 報 アジアカブトエビの除草効果について
の野外実験.

雑草研究 17: 55-59

小林勝志・宮田邦夫・伊藤邦夫 1993 再生紙マルチ水稻栽培について第 3 報
再生紙マルチが肥効と生育に及ぼす影響.

日作紀 62(別 1): 32-33

前田忠信・富樫直人・青柳竜・井上香穂理 2001 水稻有機栽培におけるコイ
を利用した水田除草.

日作関東支会報 (16) :14-15

前田忠信・中村綾子・人見成郎 2003 水稻有機栽培における米ヌカとふすま
施用の除草効果と水稻の生育収量.

日作関東支会報 (18) :36-37

三谷誠次郎・安養寺寿一・伊藤邦夫 2003 水稻移植栽培における軽量再生紙
マルチの雑草抑制効果.

日作中支集録 (44) :79-84

室井康志・小林勝一郎・高井芳樹 2005 ヒメタイヌビエの生育に対する米ぬ
か粉剤ならびにペレット剤の作用.

雑草研究 50(3): 169-175

櫻井富久・大谷徹・渡部富男 2001 温暖地の水稻早期栽培における紙マルチ
の雑草防除効果と初期成育に与える影響.

日作関東支報 (15) :36-37

芝山秀次郎 1996 活性炭スラリーの湛水処理による水田雑草の発生防止効果.
雑草研究 (35) :48-49

高橋眞二・安部浩 1993 コイ農法（仮称）における水田雑草防除法と水稻の生育特性について.

日作中支集録（34）:28－29

高橋眞二・安部浩・古山武夫 1995 鯉の放飼が水田雑草の発生および水稻の生育におよぼす影響.

日作中支集録（36）:1－9

高橋眞二 1996 山間地水稻に対する有機物の施用効果（中国地域における高付加価値化をめざした作物生産）.

日作中支集録（37）:18-19

津野幸人・山口武視・中野淳一・河上英俊 1993 水稻の再生紙マルチ栽培の理論的根拠ならびにその応用試験.

日作紀 62(別 1):32-33

上野恵美 2005 有機栽培 2 年目における籾殻薫炭施用による水稻の生育収量. 宇都宮大学卒業論文:1－41

渡邊肇・日高秀俊・三枝正彦・大江真道・渋谷暁一 2006 中山間地の深水栽培における水稻の生育と収量（栽培）.

日作紀 75(3):257－263

山室理恵 2005 不耕起代掻き移植有機栽培が雑草発生と水稻の生育収量に及ぼす影響.

宇都宮大学卒業論文: 1-64